

Trabajo final de grado  
GRADO EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

# **Controlador integral para acuuario marino**

Realizado por:

David del Rey García (Grupo 80-100315243)

(100315243@alumnos.uc3m.es)



## Índice

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. CONTEXTO.....	12
1.1. MOTIVACIÓN .....	12
1.2. OBJETIVOS.....	12
1.3. ESTRUCTURA DE LA OBRA.....	12
<b>2. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>13</b>
<b>3. ESTUDIO DE VIABILIDAD .....</b>	<b>18</b>
3.1. INTRODUCCIÓN.....	18
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS DISPOSITIVOS COMERCIALES ACTUALES.....	18
3.3. PROPUESTA .....	19
3.3.1. Alcance .....	19
3.3.2. Análisis de componentes .....	20
3.3.3. Plataforma web.....	33
3.3.4. Conclusión .....	36
3.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS PARTICIPANTES .....	37
3.5. IDENTIFICACIÓN DE LOS USUARIOS FINALES.....	38
<b>4. GESTIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>38</b>
4.1. PLANIFICACIÓN .....	38
4.1.1. Estudios de viabilidad.....	39
4.1.2. Análisis .....	39
4.1.3. Sprint 1 .....	40
4.1.4. Sprint 2 .....	40
4.1.5. Sprint 3 .....	40
4.1.6. Sprint 4 .....	41
4.2. ESTIMACIÓN .....	41
4.2.1. Equipo informático .....	41
4.2.2. Recursos humanos.....	43
4.2.3. Material fungible.....	49
4.2.4. Material electrónico .....	49
4.2.5. Coste total del proyecto .....	50
4.3. PLAN DE ADQUISICIÓN DE RECURSOS.....	50
4.4. PLAN DE APROVISIONAMIENTO .....	50
<b>5. EVALUACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO.....</b>	<b>51</b>
5.1. PLAN DE GESTIÓN DE REQUISITOS .....	51
5.2. PLAN DE CONTROL DE CAMBIOS EN EL ALCANCE.....	52
5.3. PLAN DE CONTROL DE LA PLANIFICACIÓN.....	52
5.4. PLAN DE CONTROL DE PRESUPUESTO .....	53
5.5. GESTIÓN DE RIESGOS .....	53
5.5.1. Identificación de riesgos.....	53
5.5.2. Prevención de Riesgos y Elaboración del Plan de Contingencia .....	61
5.5.3. Monitorización y control de riesgos .....	66
5.6. PLAN DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.....	66
5.6.1. Especificación detallada del plan de aseguramiento de la calidad .....	66
5.7. PLAN DE CIERRE DEL PROYECTO .....	68

<b>6. ANÁLISIS.....</b>	<b>68</b>
6.1. INTRODUCCIÓN.....	68
6.2. OBJETIVOS Y RESTRICCIONES.....	68
6.2.1. <i>Objetivo</i> .....	68
6.2.2. <i>Restricciones</i> .....	68
REQUISITOS.....	69
6.3. ....	69
6.3.1. <i>Requisitos funcionales</i> .....	69
6.3.2. <i>Requisitos no funcionales</i> .....	91
<b>7. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN.....</b>	<b>97</b>
7.1. HARDWARE .....	97
7.2. CONFIGURACIÓN DE LA CONEXIÓN.....	100
7.3. SOFTWARE .....	101
7.3.1. <i>Vista lógica</i> .....	101
7.3.2. <i>Vista física</i> .....	102
7.3.3. <i>Vista de desarrollo</i> .....	102
7.3.4. <i>Vista de procesos</i> .....	107
7.4. INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO.....	112
7.4.1. <i>Pantalla de inicio</i> .....	112
7.4.2. <i>Gestión de la iluminación</i> .....	117
7.4.3. <i>Gestión de aparatos</i> .....	122
<b>8. RESULTADOS .....</b>	<b>124</b>
<b>9. CONCLUSIONES .....</b>	<b>129</b>
9.1. MEJORAS .....	130
<b>10. GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>130</b>
<b>11. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>132</b>
<b>12. ANEXOS.....</b>	<b>134</b>
12.1. ANEXO I. ABSTARCT EN INGLES DEL PLAN DE PROYECTO .....	134
12.1.1. <i>Introduction</i> .....	134
12.1.2. <i>State of the art</i> .....	135
12.1.3. <i>Proposal</i> .....	139
12.1.4. <i>Total cost of the Project</i> .....	140
12.1.5. <i>Analysis</i> .....	140
12.1.6. <i>Hardware design</i> .....	141
12.1.7. <i>Conclusion</i> .....	144

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Esquema de un acuario marino.....	17
Ilustración 2. Base de enchufes.....	19
Ilustración 3. NodeMCU. ....	20
Ilustración 4. Arquitectura Arduino Yún .....	21
Ilustración 5. Características ATmega328P. ....	23
Ilustración 6. Arduino Uno. ....	23
Ilustración 7. Shield de Arduino montado. ....	24
Ilustración 8. Características ATmega2560. ....	24
Ilustración 9. Arduino Mega.....	25
Ilustración 10. Sensor DS18B20. ....	26
Ilustración 11. Sensor DS18B20 sumergible.....	27
Ilustración 12. Sensor DS18B20. ....	27
Ilustración 13. Interfaz de comunicación del sensor DS18B20. ....	27
Ilustración 14. Sensor de nivel de líquido. ....	28
Ilustración 15. DS1307. ....	29
Ilustración 16.DS3231. ....	29
Ilustración 17. Esquema de conexión de relé. ....	30
Ilustración 18. Relé.....	30
Ilustración 19. Modulación del ancho de pulso PWM. ....	31
Ilustración 20. Esquema de conexión Led y transistor.....	32
Ilustración 21. Arquitectura monolítica. ....	33
Ilustración 22. Arquitectura en microservicios. ....	34
Ilustración 23. aRest Framework.....	34
Ilustración 24. Thinger.io.....	35
Ilustración 25. Arduino cloud. ....	36
Ilustración 26. Esquema conceptual de comunicación. ....	37
Ilustración 27. Diagrama de Gantt del Estudio de viabilidad. ....	39
Ilustración 28. Diagrama de Gantt de la fase de análisis. ....	39
Ilustración 29. Diagrama de Gantt del sprint 1. ....	40
Ilustración 30. Diagrama de Gantt del sprint 2. ....	40
Ilustración 31. Diagrama de Gantt del sprint 3. ....	41
Ilustración 32. Comparativa de horas estimadas de trabajo. ....	44
Ilustración 33. Gráfico de trabajo estimado contra trabajo real. ....	52
Ilustración 34. Esquema de conexión de las series de leds.....	98
Ilustración 35. Esquema para los aparatos modelados como motores a 220V. ....	99
Ilustración 36. Esquema de conexión para el ventilador de evaporación y el ventilador de refrigeración.....	99
Ilustración 37. Esquema de conexión para el calentador. ....	99
Ilustración 38. Formato del archivo conexion.txt. ....	100
Ilustración 39. Diagrama de flujo del control de la iluminación. ....	108
Ilustración 40. Diagrama de flujo del control de temperatura del agua.....	109
Ilustración 41. Diagrama de flujo del control del nivel del agua.....	110
Ilustración 42. Diagrama de flujo del control de temperatura de la luminaria. ....	110
Ilustración 43. Pantalla de inicio. ....	112
Ilustración 44. Gestión de temperatura.....	113
Ilustración 45. Gestión de temperatura, comunicación correcta. ....	114

Ilustración 46. Gestión de temperatura, comunicación incorrecta. ....	115
Ilustración 47. Gestión de temperatura, validación del formulario.....	116
Ilustración 48. Gestión de iluminación.....	117
Ilustración 49. Gestión de iluminación, día seleccionado. ....	118
Ilustración 50. Gestión de iluminación, franja seleccionada. ....	119
Ilustración 51. Gestión de iluminación, comunicación correcta. ....	120
Ilustración 52. Gestión de iluminación, comunicación incorrecta. ....	121
Ilustración 53. Gestión de aparatos. ....	122
Ilustración 54. Gestión de aparatos, modo mantenimiento. ....	123
Ilustración 55. Luminaria vista desde arriba. ....	124
Ilustración 56. Compartimento del prototipo. ....	125
Ilustración 57. Modo soleado.....	126
Ilustración 58. Modo tormenta. ....	127
Ilustración 59. Efecto anochecer finalizando. ....	128
Ilustración 60. Efecto anochecer, con los leds azules perdiendo intensidad.....	129
Ilustración 61. Outline of marine aquarium.....	138
Ilustración 62. Total cost of the project. ....	140
Ilustración 63. Led connection scheme.....	142
Ilustración 64. Motor connection scheme. ....	143
Ilustración 65. Fan connection scheme.....	144
Ilustración 66. Heater connection scheme. ....	144

## Índice de tablas

Tabla 1. Proporción Amoniaco/Amonio.....	13
Tabla 2. Coste de la solución comercial. ....	19
Tabla 3. Características NodeMCU.....	21
Tabla 4. Características ATmega32u4. ....	22
Tabla 5. Características AR9331. ....	22
Tabla 6. Pines E/S/PWM requeridos. ....	25
Tabla 7. Características relé. ....	30
Tabla 8. Resumen de plataformas IoT.....	36
Tabla 9. Coste del equipo informático. ....	41
Tabla 10. Coste del software. ....	43
Tabla 11. Coste por hora. ....	43
Tabla 12. Horas estimadas de trabajo.....	43
Tabla 13. Costes por persona y tarea.....	48
Tabla 14. Costes del material fungible. ....	49
Tabla 15. Coste del material electrónico.....	49
Tabla 16. Coste total del proyecto. ....	50
Tabla 17. Plantilla de requisito.....	51
Tabla 18. Plantilla de pruebas. ....	51
Tabla 19. Riesgo P-01, comunicación con el product owner. ....	54
Tabla 20. Riesgo P-02, coordinación. ....	54
Tabla 21. Riesgo P-03, baja temporal.....	54
Tabla 22. Riesgo P-04, baja permanente.....	55
Tabla 23. Riesgo T-01, virus y otras amenazas.....	55
Tabla 24. Riesgo T-02, Ataque hacker.....	55
Tabla 25. Riesgo T-03, caída de la conexión a internet.....	56
Tabla 26. Riesgo T-04, caída de los servidores.....	56
Tabla 27. Riesgo T-04, inundación. ....	56
Tabla 28. Riesgo N-02, subida de tensión. ....	57
Tabla 29. Riesgo N-03, incendio. ....	57
Tabla 30. Riesgo N-04, derrumbe parcial del edificio. ....	57
Tabla 31. Requisito N-05, terremoto. ....	58
Tabla 32. Riesgo N-06, plagas.....	58
Tabla 33. Riesgo E-01, robo.....	58
Tabla 34. Riesgo E-02, integración. ....	58
Tabla 35. Riesgo I-01, mala planificación. ....	59
Tabla 36. Riesgo I-02, error en la definición de requisitos.....	59
Tabla 37. Riesgo I-03, entorno tecnológico nuevo.....	59
Tabla 38. Análisis cuantitativo de riesgos. ....	60
Tabla 39. Factor de riesgo. ....	61
Tabla 40. Prevención del riesgo P-01. ....	61
Tabla 41. Prevención del riesgo P-02. ....	62
Tabla 42. Prevención del riesgo P-3. ....	62
Tabla 43. Prevención del riesgo P-04. ....	62
Tabla 44. Prevención del riesgo T-01. ....	62
Tabla 45. Prevención del riesgo T-02. ....	63
Tabla 46. Prevención del riesgo T-03. ....	63

Tabla 47. Prevención del riesgo T-04. ....	63
Tabla 48. Prevención del riesgo N-01.....	64
Tabla 49. Prevención del riesgo N-02.....	64
Tabla 50. Prevención del riesgo N-04.....	64
Tabla 51. Prevención del riesgo N-05.....	64
Tabla 52. Prevención del riesgo N-06.....	65
Tabla 53. Prevención del riesgo N-07.....	65
Tabla 54. Prevención del riesgo E-01. ....	65
Tabla 55. Prevención del riesgo I-01. ....	65
Tabla 56. Prevención del riesgo I-02. ....	66
Tabla 57. Requisito CL-01. ....	69
Tabla 58. Prueba P-01, encendido del canal uno.....	70
Tabla 59. Prueba P-02, apagado del canal uno. ....	70
Tabla 60. Prueba P-03, encendido del canal dos. ....	70
Tabla 61. Prueba P-04, apagado del canal dos.....	70
Tabla 62. Prueba P-05, encendido del canal tres. ....	71
Tabla 63. Prueba P-06, apagado del canal tres. ....	71
Tabla 64. Requisito CL-02. ....	71
Tabla 65. Requisito CL-03. ....	72
Tabla 66. Requisito CL-04. ....	72
Tabla 67. Prueba P-13, encendido del sistema de refrigeración de la luminaria. ....	72
Tabla 68. Prueba P-14, apagado del sistema de refrigeración de la luminaria.....	73
Tabla 69. Requisito CL-05. ....	73
Tabla 70. Prueba P-15, encendido automático de la luminaria. ....	73
Tabla 71. Requisito CL-06. ....	73
Tabla 72. Prueba P-17, apagado automático de la luminaria. ....	74
Tabla 73. Requisito CL-07. ....	74
Tabla 74. Prueba P-17, efecto amanecer. ....	74
Tabla 75. Requisito CL-08. ....	75
Tabla 76. Prueba P-18, efecto anochecer. ....	75
Tabla 77. Requisito CL-09. ....	76
Tabla 78. Prueba P-19, día soleado. ....	76
Tabla 79. Prueba P-20, día nublado. ....	76
Tabla 80. Prueba P-21, día tormentoso. ....	77
Tabla 81. Prueba P-22, luminaria apagada. ....	77
Tabla 82. Requisito S-01. ....	77
Tabla 83. Prueba P-22, temperatura del agua. ....	78
Tabla 84. Requisito S-03. ....	78
Tabla 85. Prueba P-25, activación de ventiladores de evaporación. ....	78
Tabla 86. Prueba P-27, activación de ventiladores de evaporación. ....	79
Tabla 87. Prueba P-28, apagado de ventiladores de evaporación.....	79
Tabla 88. Prueba P-29, configuración de umbral inferior del sistema de evaporación. ....	79
Tabla 89. Prueba P-29, configuración de umbral superior del sistema de evaporación. ....	80
Tabla 90. Requisito S-05. ....	80
Tabla 91. Prueba P-35, activación de calentadores. ....	80
Tabla 92. Prueba P-36, activación de calentadores. ....	81
Tabla 93. Prueba P-37, apagado de calentadores.....	81
Tabla 94. Prueba P-38, configuración de umbral inferior del sistema de calentadores. ....	81



Tabla 95. Prueba P-39, configuración de umbral superior del sistema de calentadores. ....	82
Tabla 96. Requisito S-06, sensor de evaporación. ....	82
Tabla 97. Requisito S-07, sensor de llenado. ....	82
Tabla 98. Prueba 40, sonda de nivel. ....	83
Tabla 99. Requisito A-01, gestión desde la GUI de las bombas de circulación. ....	83
Tabla 100. Prueba P-42, encendido de la bomba de circulación. ....	83
Tabla 101. Prueba P-43, apagado de la bomba de circulación. ....	84
Tabla 102. Requisito A-02, gestión manual de la bomba de circulación. ....	84
Tabla 103. Prueba P-44, encendido manual de la bomba de circulación. ....	84
Tabla 104. Prueba P-45, apagado manual de la bomba de circulación. ....	84
Tabla 105. Requisito A-03, gestión desde la GUI de la bomba de subida. ....	85
Tabla 106. Prueba P-46, encendido de la bomba de subida. ....	85
Tabla 107. Prueba P-47, apagado de la bomba de subida. ....	85
Tabla 108. Requisito A-04, gestión manual de la bomba de subida. ....	85
Tabla 109. Prueba P-48, encendido de la bomba de subida de forma manual. ....	86
Tabla 110. Prueba P-49, apagado de la bomba de subida de forma manual. ....	86
Tabla 111. Requisito A-05, gestión desde la GUI del skimmer. ....	86
Tabla 112. Prueba P-50, encendido del skimmer. ....	86
Tabla 113. Prueba P-51, apagado del skimmer. ....	87
Tabla 114. Requisito A-06, gestión manual del skimmer. ....	87
Tabla 115. Prueba P-52, encendido del skimmer de forma manual. ....	87
Tabla 116. Prueba P-53, apagado del skimmer de forma manual. ....	87
Tabla 117. Requisito A-07, gestión desde la GUI de la lámpara germicida. ....	88
Tabla 118. Prueba P-54, encendido de la lámpara germicida. ....	88
Tabla 119. Prueba P-55, apagado de la lámpara germicida. ....	88
Tabla 120. Requisito A-08, gestión manual de la lámpara germicida. ....	88
Tabla 121. Prueba P-56, encendido de la lámpara germicida de forma manual. ....	89
Tabla 122. Prueba P-57, encendido de la lámpara germicida de forma manual. ....	89
Tabla 123. Requisito A-09, gestión del modo mantenimiento desde la GUI. ....	89
Tabla 124. Prueba P-58, finalización del mantenimiento. ....	90
Tabla 125. Prueba P-59, inicio del mantenimiento. ....	90
Tabla 126. Requisito A-10, gestión manual del modo mantenimiento. ....	90
Tabla 127. Prueba P-60, finalización del mantenimiento de forma manual. ....	90
Tabla 128. Prueba P-61, inicio del mantenimiento de forma manual. ....	91
Tabla 129. Requisito no funcional RNF-01, aplicación móvil. ....	91
Tabla 130. Requisito no funcional RNF-02, hardware independiente. ....	91
Tabla 131. Prueba P-61. ....	92
Tabla 132. Requisito no funcional RNF-02, comunicación WiFi. ....	92
Tabla 133. Prueba P-63, conexión WiFi 802.11 b con seguridad WEP. ....	92
Tabla 134. Prueba P-64, conexión WiFi 802.11 b con seguridad WPA2. ....	92
Tabla 135. Prueba P-65, conexión WiFi 802.11 g con seguridad WEP. ....	93
Tabla 136. Prueba P-66, conexión WiFi 802.11 g con seguridad WPA2. ....	93
Tabla 137. Prueba P-67, conexión WiFi 802.11 n con seguridad WEP. ....	93
Tabla 138. Prueba P-68, conexión WiFi 802.11 n con seguridad WPA2. ....	93
Tabla 139. Requisito no funcional RNF-04, tarjeta SD. ....	94
Tabla 140. Prueba P-69, edición del archivo de configuración. ....	94
Tabla 141. Requisito no funcional RNF-05, habilitación de campos. ....	94
Tabla 142. Requisito no funcional RNF-06, uso de la interfaz. ....	94

Tabla 143. Requisito no funcional RNF-7, iluminación. ....	95
Tabla 144. Requisito no funcional RNF-08, configurar modo de iluminación. ....	95
Tabla 145. Requisito no funcional RNF-09, control de temperatura. ....	95
Tabla 146. Requisito no funcional RNF-10, control de aparatos eléctricos. ....	96
Tabla 147. Requisito no funcional RNF-11, seguridad en la comunicación. ....	96
Tabla 148. Requisito no funcional RNF-12, identificación del producto.....	96
Tabla 149. Requisito no funcional RNF-13, encapsulamiento del producto.....	96
Tabla 150. Distribución de los leds.....	97
Tabla 151. Vista lógica.....	101
Tabla 152. Vista física.....	102
Tabla 153. Vista de desarrollo.....	102
Tabla 154. Formato del detalle del componente.....	103
Tabla 155. Componente BlueReef .....	104
Tabla 156. Componente thinger. ....	106
Tabla 157. Componente Arduino. ....	107
Tabla 158. Distribution of leds. ....	141

**Agradecimientos:**

A mi familia en primer lugar, por haberme permitido realizar este viaje. A mis compañeros de carrera, con especial interés en unos Warriors, ellos saben quiénes son. A Irene, que sería de mi sin ella... A mi tutor, Gonzalo Génova, no empezamos con buen pie nuestra relación, en la lejana Ingeniería del Software, pero con el tiempo entendí su modo de llegar a los alumnos.

Gracias a todos.

## Prologo

Es importante el estudio de los ecosistemas, para poder aprender a controlar y subsanar los posibles problemas futuros.

Nos encontramos en un momento en que la diversidad biológica mundial está siendo reducida por la actuación humana, aunque también muchas especies necesitan al humano para mejorar su gestión y aumentar su supervivencia.

En este caso, nos vamos a centrar en las especies marinas ornamentales que podemos tener en un acuario de unas determinadas dimensiones en nuestras casas, y de cómo su cría en cautividad sería beneficiosa para la conservación de la biodiversidad y sus ecosistemas de origen.

Nos estamos encontrando con el problema de la captura de peces ornamentales marinos para acuariofilia. Para ello, se utilizan redes y mallas de arrastre que además de llevarse peces, están destrozando los arrecifes de corales más importantes del mundo. Y por el daño producido, muchos corales y especies de peces están perdiendo su hábitat, lo que lleva a la muerte de la mayoría de ellos y la disminución de biodiversidad.

La acuicultura de especies ornamentales es un sector que está en crecimiento y podría ser una solución a la conservación de sus hábitats.

Sólo de un 1-10% de los peces marinos ornamentales, son criados en cautividad, mientras que en el caso de los invertebrados acuáticos podría ser más bajo aún.

Por Irene García Cabreo, licenciada en biología por la universidad de Alcalá de Henares.

## 1. Introducción

### 1.1. Contexto

La acuariofilia moderna es la afición a la cría de organismos acuáticos en tanques bajo condiciones controladas. En la actualidad esta afición está en auge, pero ¿qué es realmente la acuariofilia? Esta afición es dedicación y constancia. Es ampliar conocimientos sobre biología y sobre química. Es conservación del medio natural. Es investigación y experimentación.

Para mantener un acuario en perfecto estado es necesario mantener los parámetros químicos del agua, con la evaporación del agua aumenta la salinidad del agua por lo que diariamente es necesario añadir agua para mantener este parámetro estable.

La iluminación es otro parámetro muy importante, tanto los peces como los corales basan su vida en el ciclo de iluminación. Las iluminaciones junto con la temperatura pueden llegar a afectar al comportamiento de los animales.

Con la tecnología actual es posible facilitar en gran medida las tareas diarias que requiere el mantenimiento de un acuario.

### 1.1. Motivación

La acuariofilia es uno de mis hobbies, se podría decir que es el primero de la lista. Mi primer acuario lo tuve cuando tenía 8 años. Era un acuario de apenas 16 litros, en él tenía la típica carpa naranja, que, si no recuerdo mal, ganó mi padre en un puesto de una feria. Fue en ese momento cuando nació mi afición por este mundo. En contra de todo pronóstico este animalito estuvo conmigo durante casi tres años.

Después de la muerte de este pez mis padres me regalaron un acuario más grande con la condición de que me hiciera cargo de su mantenimiento. Diariamente daba de comer a mis peces, limpiaba las algas y miraba la temperatura del agua.

Con el paso del tiempo fue creciendo mi afición por este mundo y me fui plantando nuevos retos hasta que llegué al mundo de los acuarios de agua salada. En ese momento no sabía qué era un coral, pero a base de investigar y leer libros y artículos conseguí montar mi propio acuario marino. En el que mantengo en perfectas condiciones peces y corales de todos los tipos.

### 1.2. Objetivos

El objetivo del proyecto es facilitar las tareas de gestión y mantenimiento a los aficionados a la acuariofilia, desarrollando un producto ofrezca soporte a todos aparatos necesarios para el correcto funcionamiento del acuario facilitando las tareas diarias.

### 1.3. Estructura de la obra

El documento está dividido en los siguientes apartados:

- Introducción.
- Estado del arte, donde se explica el funcionamiento de un acuario marino.
- Estudio de viabilidad, en este apartado se estudian diferentes alternativas para desarrollar el proyecto.
- Gestión, donde se detallará la planificación y los costes del proyecto.
- Evaluación y control, en este apartado se definirán las métricas para el control de proyecto.
- Análisis, en este apartado se detallarán los requerimientos del proyecto.

- Diseño, en este apartado se desarrollarán los requisitos para conseguir una solución operativa.
- Conclusiones.
- Manual de usuario.
- Glosario.
- Bibliografía.
- Anexos.

La redacción de este documento está enfocada a personas con formación o experiencia en informática. También se tratan temas de electrónica química y biología, los términos utilizados en el documento trataré que queden claros y entendibles para cualquier persona.

## 2. Estado del arte

El montaje de un acuario marino con fines ornamentales requiere comprender varios conceptos. En primer lugar, se deben tener nociones básicas del ciclo del nitrógeno en el agua. Durante las primeras semanas de haber realizado la instalación de nuestro acuario marino, dentro de él se inicia el ciclo del nitrógeno (1).

El nitrógeno se puede encontrar formando varias combinaciones químicas, además de como constituyente de moléculas orgánicas. Las que aquí nos interesan son la molécula de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), y los iones amonio ( $\text{NH}_4$ ), nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ) (2).

Estas combinaciones se encuentran disueltas en el agua del acuario; pueden ser empleadas por plantas y algas, a excepción del nitrito, para la síntesis de sus proteínas.

Todas estas formas se pueden interconvertir; el amonio y el amoníaco lo pueden hacer espontáneamente, en los restantes casos se requiere la acción de organismos. Todos estos compuestos son tóxicos para la vida marina en mayor o menor medida (2).

- El amonio al igual que el nitrato tienen una baja toxicidad.
- El amoníaco produce lesiones en las branquias y el intestino, causando hemorragias y atacando al sistema nervioso. Siendo este compuesto el más tóxico de todos.
- El nitrito se une al sistema respiratorio del pez y este muere por asfixia. Niveles bajos de nitritos producen la muerte al cabo de unos días.

El pH influye en la proporción de amonio/amoníaco existente en el acuario. Con pH ligeramente ácido o neutro el amonio no se transforma en amoníaco, pero a medida que aumenta el pH mayor cantidad de amonio se convierte en amoníaco. Por eso es necesario mantener el pH estable alrededor de 8,3 debido a que en el medio natural el pH fluctúa entre 8 y 9, en función de la temperatura, salinidad, profundidad o actividad de organismos marinos (2).

pH	%Amoníaco	% Amonio
6	0	100
7	1	99
8	4	96
9	25	75
10	78	22
11	96	4

Tabla 1. Proporción Amoníaco/Amonio.

La dureza de carbonatos (KH) es una medida de la cantidad de iones carbonato y bicarbonato presentes en el agua.

El KH se mide generalmente en:

- grados alemanes (dKH).  $1\text{dKH}=17,8\text{ mg/l de CaCO}_3$
- miliequivalentes por litro (meq/l).  $1\text{meq/l}=2,8\text{dKH}$

El pH va a ser regulado por el tampón carbonato/bicarbonato por lo que la medida del KH o dureza de carbonatos va a ser muy importante para el mantenimiento de un pH estable en el acuario. Si se tienen valores bajos de KH se producirán más fácilmente variaciones de pH al haber menos iones carbonato y bicarbonato para regular el pH. Se deben mantener valores de KH entre 8 y 10 dKH para mantener un pH estable (3).

Con el tiempo, el pH del acuario tiende a bajar debido a los ácidos generados en los procesos de nitrificación bacteriana para convertir el tóxico amoníaco en el molesto nitrato. Por este motivo, de cuando en cuando conviene añadir un aditivo para mantener el KH.

La mineralización es la transformación de la materia orgánica en compuestos sencillos como el amoníaco, anhídrido carbónico, fosfato... Este proceso lo llevan a cabo las bacterias mineralizantes, que son capaces de degradar la materia orgánica en un medio oxigenado, produciendo CO<sub>2</sub> y nitrógeno en forma de amonio.

Principalmente explicaremos dos géneros de bacterias nitrificantes, nitrosomas y nitrobacter, ambas necesitan oxígeno para realizar su función:

- Los *Nitrosomas* transforman amoníaco/amonio en nitritos (4)
- Los *Nitrobacter* transforman los nitritos en nitratos (5).

Finalmente, el nitrito es consumido por plantas y algas y transformado en compuestos orgánicos. También están las bacterias denitrificantes que viven en ausencia de oxígeno y son capaces de transformar el nitrato en nitrógeno (gas).

En el medio natural las bacterias nitrificantes se encuentran en rocas porosas o en la capa más superficial de la arena, siempre en zonas aeróbicas. Por lo tanto, en el acuario será necesario tener una cantidad de aproximadamente el 10% del volumen de agua en kilogramos de roca porosa natural o artificial. Por ejemplo, en un acuario de 400 litros habría que tener aproximadamente 40Kg de roca. Además, para mantener el agua oxigenada, como en un arrecife, será necesario contar con una circulación de agua muy intensa.

La temperatura es otro parámetro muy importante para el correcto mantenimiento de la vida en el acuario. La temperatura ideal es 25°C-26°C que es la temperatura media en los arrecifes tropicales. La temperatura en verano e invierno puede ascender o descender 2°C respectivamente y eso coloca los extremos en 23°C en invierno y 28°C en verano. En el medio natural estos cambios ocurren anualmente y los habitantes están adaptados a cambios dentro de ese rango, pero dichos cambios son siempre graduales durante un tiempo prolongado.

Para los corales hermatípicos (aquellos que se encuentran en los arrecifes) la fuente principal de energía es la luz, a través de la fotosíntesis realizada por unos organismos simbióticos unicelulares llamados zooxantelas, aunque también pueden filtrar el agua con sus pólipos y capturar fitoplancton. Las zooxantelas (6) proporcionan nutrientes al organismo anfitrión por medio de la fotosíntesis. Esta dependencia por parte de los corales limita su crecimiento a la

zona fótica (aquella zona en la que penetra la luz del sol) del arrecife. Por esta razón la iluminación del acuario será un punto principal en el mantenimiento del mismo (7). En cuanto a la penetración de la luz en el agua sabemos que la que llega a mayor profundidad es la luz azul frente a la roja, que apenas tiene capacidad de penetración (8).

En el agua del mar se pueden encontrar todos los elementos de la tabla periódica en mayor o menor medida, pero podemos decir que el 99% de las sustancias disueltas se compone de los siguientes compuestos:

- Cloruro de sodio
- Cloruro de magnesio
- Sulfato de sodio
- Cloruro de calcio
- Cloruro de potasio
- Bicarbonato de sodio
- Bromuro de sodio
- Ácido bórico
- Cloruro de estroncio
- Fluoruro de sodio

Para conseguir esta combinación existen preparados comerciales que añadidos a agua destilada o agua de osmosis emula a la perfección el agua del mar. Pero al tratarse de un medio cerrado hay elementos que los corales van consumiendo progresivamente para desarrollar su esqueleto calcáreo. Principalmente consumen calcio, magnesio, carbonatos y bicarbonatos.

En resumen, tenemos 4 áreas principales de monitorización y control en un acuario:

- Filtración y purificación del agua – ciclo del nitrógeno (1).
- Control de la temperatura.
- Iluminación.
- Química y disolución de sales.

Para la filtración del agua normalmente se utiliza roca viva (natural o artificial) la cual permite a las bacterias nitrificantes vivir y realizar su filtración biológica. Esta filtración está favorecida por las corrientes de agua que generan las bombas de movimiento, además de favorecer la oxigenación del agua al agitar la superficie de la misma. Para cerrar el ciclo del nitrógeno se utilizan macro algas, como *Caulerpa* (9) o *Chaetomorpha* (10), estas algas se encargan de utilizar los nutrientes existentes en el agua para crecer. Para tratar de reducir los compuestos orgánicos en el agua se utilizan skimmers; su funcionamiento es simple, se inyecta aire en forma de numerosas burbujas en el interior de una cámara estanca, los nutrientes presentes en el agua (grasas, proteínas...) se pegan a las burbujas de aire subiendo en la cámara hasta un depósito que habrá que vaciar periódicamente. A esta filtración se le suele añadir algún tipo de filtración



mecánica, para eliminar elementos que este en suspensión en el agua. Se utilizan esponjas o telas con una porosidad determinada que permiten el paso del agua, pero retienen los desechos (1). Para eliminar algas unicelulares y posibles bacterias en la columna de agua, se suele hacer pasar el agua a través de luz UVA para esterilizarla, de esta manera se mantiene el agua clara y se evitan enfermedades en los pedes.

Para el control de temperatura existen dos posibilidades. Se pueden utilizar calentadores eléctricos y ventiladores para mantener la temperatura constante o climatizadores específicos para acuarios, estos últimos funcionan como un aparato de aire acondicionado, calentando o enfriando el agua según sea necesario.

Para la iluminación existen tres tecnologías:

- HQI (11) halogenuros metálicos proporcionan una muy buena intensidad y poder de penetración además de un amplio espectro. Durante su funcionamiento emiten gran cantidad de calor, lo que puede ocasionar problemas en la época estival.
- Fluorescentes (12) T5 disponen de una amplia gama de colores y potencias. Son muy populares entre acuaristas, pero tienen una vida útil de entre 5000 y 7000h, o sea, unos 500 días a razón de 12 horas diarias.
- LED: (13) los leds tienen una vida útil de unas 50000 horas. Además de un consumo energético muy bajo, permiten seleccionar qué frecuencias de luz se quieren y apenas transmiten calor al agua. Por otra parte, es necesario mantener los leds en su temperatura de trabajo, para maximizar su vida útil y rendimiento. A partir de 40 °C el led reduce drásticamente su rendimiento y su vida útil.

Para el control químico del acuario se realizan periódicamente unos test que permiten saber de manera aproximada los parámetros más importantes del agua, que son:

- Amonio/amoniaco
- Nitrito/nitrato
- Fosfatos
- Carbonatos
- pH
- Calcio
- Magnesio

Para realizar estos test se utilizan muestras de agua del acuario a las que se le añaden unos productos químicos que reaccionan con el compuesto que se esté midiendo y colorean el agua, después se compara el color con una escala cromática para saber la concentración aproximada del compuesto en el agua. Esta es la opción de control químico más habitual puesto que no es necesario normalmente conocer con una precisión de laboratorio el estado químico del agua.

A continuación, se puede observar un esquema de la instalación de un acuario marino en vista lateral:

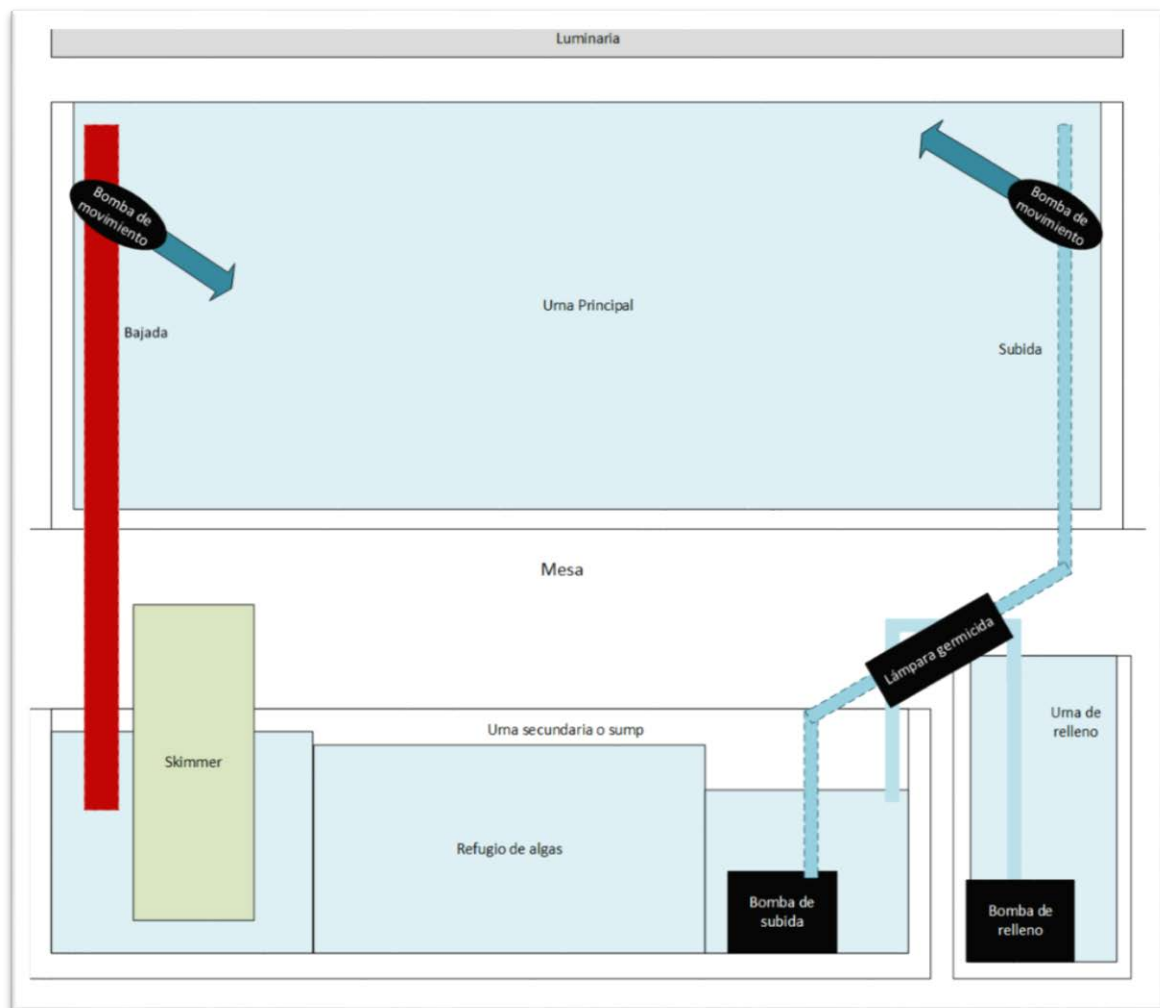


Ilustración 1. Esquema de un acuario marino.

- La luminaria proporcionará la luz que necesitan los animales para vivir y crecer correctamente.
- En la urna principal se dispondrán los elementos de decoración y roca viva. Este será el hábitat de los peces y corales.
- Las bombas de movimiento crearán las corrientes que existen en el medio natural.
- Mediante un rebosadero y un tubo (etiquetado como Bajada y en color rojo) se lleva el agua hacia una urna secundaria, que normalmente está situada debajo del acuario principal.
- La urna secundaria podría considerarse como el filtro del acuario, está dividido en varias etapas. Cada una de ellas destinada a un objetivo distinto, en la primera etapa se encuentra el skimmer y los filtros mecánicos. En la segunda etapa se encuentra el refugio de algas, aquí es donde crecerán las algas que mantendrán limpia el agua. Aquí también se pueden instalar distintos reactores. Finalmente, en la tercera etapa se encuentra una bomba que retorna el agua purificada a la urna principal a través de un tubo (etiquetado en la ilustración como Subida y en azul).

- En la urna de relleno tendremos agua destilada o de ósmosis para rellenar el sistema principal a medida que el agua se evapore. De esta manera se mantendrá la salinidad del agua estable.

### 3. Estudio de viabilidad

#### 3.1. Introducción

El objetivo de este apartado consiste en realizar un estudio de productos que cubren total o parcialmente las funcionalidades del producto desarrollado en el proyecto. Para ello se van a analizar las prestaciones de los sistemas ProfiLux. Estos sistemas son los más populares en acuarística por su gran calidad. Seguidamente, se analizarán los componentes electrónicos, plataformas web y sistemas operativos para llevar a cabo el proyecto.

#### 3.2. Descripción de los dispositivos comerciales actuales

Actualmente en el mercado existen varios sistemas que se asemejan al funcionamiento del controlador que vamos a diseñar. Concretamente vamos a analizar los productos de la marca alemana GHL. Estos controladores son los más populares entre acuaristas de todo el mundo por su calidad.

Los precios de estos oscilan entre los 400 y los 2000 euros. Los más económicos como ProfiLux 3.1T eX tienen un coste aproximado de 400€ y proporcionan la siguiente funcionalidad de base:

- Conexión para la sonda de Temperatura
- Conexión para la sonda de pH (sonda no incluida).
- Conexión para la sonda de *Redox* (sonda no incluida).
- Conexión para la sonda de Conductividad (tanto para agua dulce como para agua salada) (sonda no incluida).
- 2 Conexiones para poder conectar hasta 4 sensores de nivel, flujo o desbordamiento.
- 3 puertos L (6 x interfaces 1-10V) con señales adicionales para el control del apagado/encendido de los dispositivos, las reactancias electrónicas dimeables pueden ser apagadas gracias al uso de esta función.
- 2 Puertos S para la conexión de Bases de enchufes (analógicas, digitales) y/o para la conexión de las Unidades Dosificadoras.
- Conexión LAN integrada (WLAN compatible: si se usa un punto de acceso en forma de puente, se puede realizar una conexión inalámbrica).
- Conexión USB integrada.
- 2 x Interfaces ProfiLux Aquatic Bus (PAB). La arquitectura de conexión PAB permite multitud de ampliaciones a través del uso de dispositivos PAB (Bases de enchufes PAB, Caja de Expansión PAB, etc.).
- 2 ranuras de expansión para insertar las Tarjetas de Expansión ProfiLux.
- Puerto RS232, para conectar un módulo SMS o el ProfiLux View. También se puede utilizar para la conexión a cualquier PC, controladores multimedia o para cualquier sistema de automatismo que funcione con la conexión RS232.

Con este dispositivo tenemos un controlador con grandes posibilidades, pero aún deberemos desembolsar mucho más dinero si queremos efectuar un control real sobre nuestro acuario. Por ejemplo, las bases de enchufes que nos permite conectar el controlador rondan los 130 € y nos permite enchufar 4 aparatos (14).



Ilustración 2. Base de enchufes.

Con la adquisición de este controlador aún deberíamos comprarnos una luminaria adecuada para el tanque. El coste de la luminaria depende mucho del tamaño del acuario y la tecnología que se quiera instalar (para este proyecto nos centraremos en la tecnología LED), por ejemplo, para un acuario de 500 litros tendría un coste aproximado de 600€, si se quieren mantener corales, o 250€ en caso contrario.

Resumiendo, para controlar la temperatura del agua, hasta ocho aparatos, el nivel en el tanque principal y la urna de relleno y la luminaria necesitaremos:

<b>ProfiLux 3.1T eX</b>	<b>1</b>	<b>400</b>
<b>Base de enchufes</b>	2	260
<b>Sensores de nivel de liquido</b>	4	122€
<b>Luminaria</b>	1	600€
<b>Total</b>		1382€

Tabla 2. Coste de la solución comercial.

### 3.3. Propuesta

Mi intención es desarrollar un producto que aúne todo el control del acuario con la iluminación en un kit instalable. Este kit constará de una luminaria led en la cual se instalará todo el hardware de control y una aplicación móvil que permitirá al usuario configurar y comprobar el estado del acuario. De esta manera unificamos en un solo producto la iluminación y el control del acuario, permitiendo comprobar el estado del acuario desde cualquier sitio con una conexión a internet.

#### 3.3.1. Alcance

Me centraré principalmente en el control de la iluminación, aparatos eléctricos del acuario y parámetros del agua, concretamente temperatura y nivel. El usuario tendrá una aplicación móvil en la que podrá ver y modificar el estado del acuario.

- Configurar el modo de iluminación.
- Encender/apagar bombas de circulación, subida y lámpara germicida.
- Ver y configurar la temperatura del agua.
- Mantener la salinidad de forma automática.

### 3.3.2. Análisis de componentes

#### 3.3.2.1. Controlador y comunicación

En este apartado voy a analizar diferentes versiones de placas Arduino o similares que se adaptan a las necesidades del proyecto.

En este apartado se habla de pines PWM, son una simulación de pines de salida analógica, en el apartado 3.3.2.3.2 Transistores.

##### 3.3.2.1.1. NodeMcu

NodeMCU (ilustración 3) es una plataforma open source IoT basada en el módulo ESP8266 , con capacidades de 2.4 GHz WiFi (802.11 b / g / n, soporte WPA / WPA2), 16 GPIO, convertidor analógico-digital, modulación de ancho de pulso (PWM)... Emplea un CPU RISC de 32 bits (basado en el Tensilica Xtensa LX106 funcionando a 80 MHz) (15).



Ilustración 3. NodeMCU.

Se programa con Lua, pero es compatible con el IDE de Arduino y tiene un coste de entre 3€ y 10€.

**Características NodeMCU**

<b>Voltaje operacional</b>	3,3V
<b>Pines E/S digitales</b>	16
<b>Pines salida PWM</b>	12
<b>Pines E/S analógicos</b>	1
<b>Pines totales</b>	17
<b>RAM</b>	160kB
<b>ROM</b>	64kB
<b>Memoria flash</b>	4MB
<b>Velocidad de reloj</b>	80MHz

**Conectividad****WiFi 2,4GHz (802.11b/g/n)****Seguridad WPA/WPA2**

Tabla 3. Características NodeMCU.

## 3.3.2.1.2. Arduino Yún

Arduino Yún es una placa basada en los procesadores ATmega32u4 y Atheros AR9331. El procesador Atheros soporta una distribución Linux llamada Linino OS. La placa incorpora soporte Ethernet y WiFi, un puerto USB-A, una ranura para tarjetas micro-SD, 20 pines de entrada/salida. En la Ilustración 4 se puede ver un esquema de la arquitectura del Arduino Yún (16).

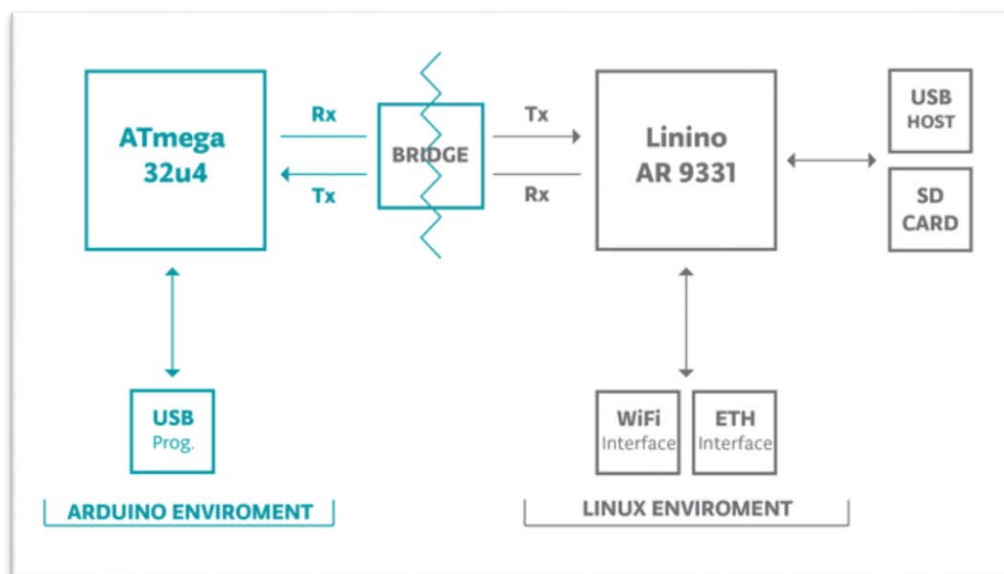


Ilustración 4. Arquitectura Arduino Yún

**Características ATmega32u4**

<b>Voltaje operacional</b>	5V
<b>Pines E/S digitales</b>	20
<b>Pines salida PWM</b>	7
<b>Pines E/S analógicos</b>	12
<b>Pines totales</b>	20
<b>RAM</b>	2,5kB
<b>ROM</b>	1kB
<b>Memoria flash</b>	32MB
<b>Velocidad de reloj</b>	16MHz
<b>Conectividad</b>	
<b>WiFi 2,4GHz (802.11b/g/n)</b>	
<b>Seguridad WPA/WPA2</b>	

Tabla 4. Características ATmega32u4.

**Características AR9331**

<b>Voltaje operacional</b>	3,3V
<b>RAM</b>	64MB
<b>ROM</b>	1kB
<b>Memoria flash</b>	16MB
<b>Velocidad de reloj</b>	400MHz
<b>Conectividad</b>	
<b>WiFi 2,4GHz (802.11b/g/n)</b>	
<b>Seguridad WPA/WPA2</b>	
<b>Ethernet 802.3 10/100Mb/s</b>	
<b>USB 2.0</b>	

Tabla 5. Características AR9331.

El sistema operativo Linino ofrece una interfaz de uso de sus servicios al microcontrolador de Arduino (17). De esta manera las tareas de comunicación y almacenamiento de información quedan del lado de Linino y el control de sensores y actuadores del lado de Arduino. Esta placa tiene un coste aproximado de 80€ euros para la placa original y 30€ para imitaciones.

#### 3.3.2.1.3. [Arduino UNO + shieldWiFi](#)

Arduino Uno es una placa basada en el microprocesador ATmega328P. Contiene todo lo necesario para programar el microcontrolador a través de un USB y el IDE de Arduino. Arduino es una plataforma computacional open source con una interfaz de entrada/salida y un entorno de desarrollo que permite crear objetos interactivos. El coste de esta placa oscila entre los 20 € de la placa original y los 4€ de las construcciones independientes más económicas.

**Características ATmega328P**

<b>Voltaje operacional</b>	5V
<b>Pines E/S digitales</b>	14
<b>Pines salida PWM</b>	7
<b>Pines analógicos</b>	6
<b>Pines totales</b>	20
<b>RAM</b>	2kB
<b>ROM</b>	1kB
<b>Memoria flash</b>	32kB
<b>Velocidad de reloj</b>	16MHz

*Ilustración 5. Características ATmega328P.**Ilustración 6. Arduino Uno.*

El shield wifi es una placa que provee a Arduino de conectividad WiFi (802.11 b/g) y encriptación WEP o WPA2. Los shields generalmente tienen la misma forma que la placa Arduino y encajan sobre ella como se muestra en la ilustración 6. El precio del shieldWiFi es de unos 90€ para la versión oficial y unos 20€ para otras construcciones (18).



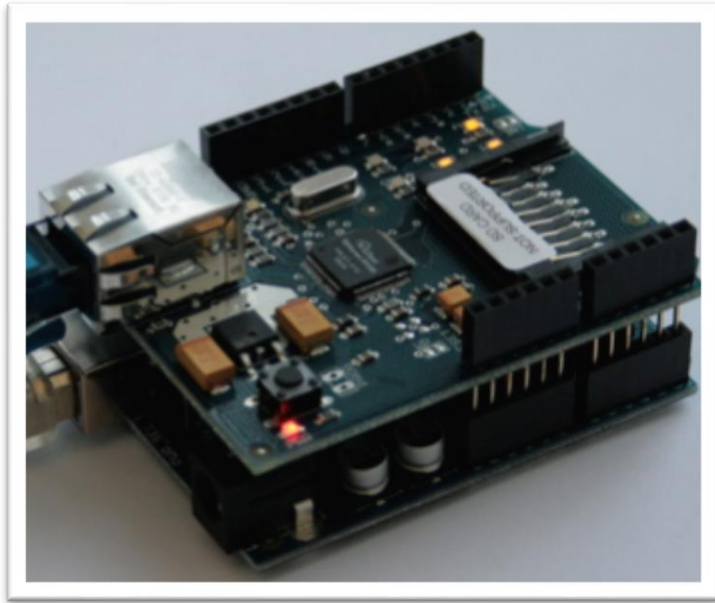


Ilustración 7. Shield de Arduino montado.

#### 3.3.2.1.4. Arduino mega + shieldWiFi

Arduino Mega 2560 es una placa basada en el microprocesador Atmega2560, dispone de más pines que la versión Uno además de una memoria más amplia. Esta placa tiene un coste de 35€ en la versión original y 8 € en otras construcciones (19).

##### Características ATmega2560

<b>Voltaje operacional</b>	5V
<b>Pines E/S digitales</b>	54
<b>Pines salida PWM</b>	15
<b>Pines analógicos</b>	16
<b>Pines totales</b>	70
<b>RAM</b>	8kB
<b>ROM</b>	4kB
<b>Memoria flash</b>	128kB
<b>Velocidad de reloj</b>	16MHz

Ilustración 8. Características ATmega2560.

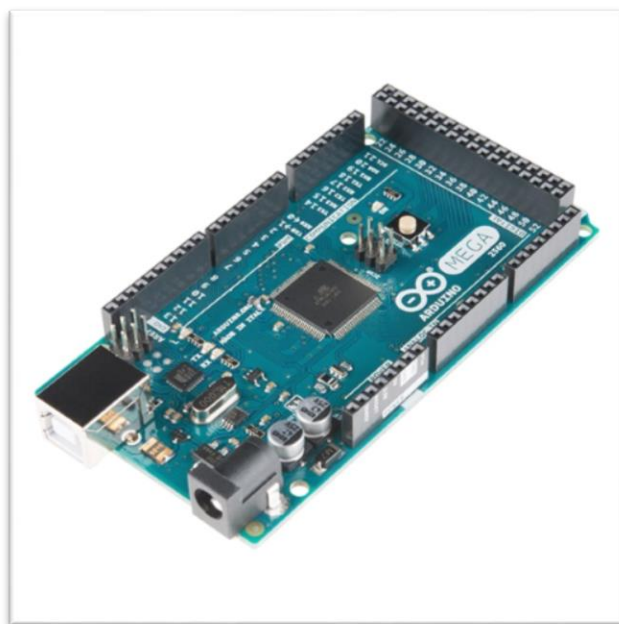


Ilustración 9. Arduino Mega.

El shieldWiFi tiene las mismas características que en el apartado anterior.

#### 3.3.2.1.5. Conclusión

Teniendo en cuenta las necesidades del proyecto, la placa que utilizemos deberá tener los suficientes pines digitales/analógicos/pwm para cumplir con los requerimientos:

- Un relé para cada aparato eléctrico (bombas de circulación, subida y relleno, calentador, ventiladores de evaporación y de refrigeración de la luminaria, lámpara germicida y skimmer), sumando un total de 8 relés.
- Un transistor TIP141 (modelo 141 del fabricante Texas Instruments Power) para el canal de luz azul, uno para el rojo y dos para el blanco.
- Un reloj RTC (Real Time Clock).
- Dos sensores de temperatura.
- Tres sensores de nivel.

Sensor/Actuador	Tipo de pin	Numero de pines
Relé	Salida digital	8
Sensor de temperatura	Entrada digital	2
Reloj RTC	Entrada digital	1
Transistor Tip141	Salida PWM	4
Sensor de Nivel de liquido	Entrada digital	3
<b>Total, de pines</b>		<b>18</b>

Tabla 6. Pines E/S/PWM requeridos.

La placa seleccionada al menos tendrá que tener 19 pines de entrada/salida y de ellos 4 PWM. Esta condición la cumplen solo dos placas, Arduino Yún y Arduino Mega.

Con respecto a memoria RAM y frecuencia del procesador todas las placas presentadas cumplirían los requerimientos del proyecto.

### Pros y contras de Aruino Yún

#### Pros

- Dispone de interfaces de conexión de red, tanto ethernet como WiFi

#### Contras:

- El número de pines está limitado, de hecho, dispone exactamente de 20 pines lo cual imposibilitaría evolucionar el proyecto añadiéndoles sensores o actuadores.

### Pros y contras de Arduino Mega

#### Pros

- Dispone de suficientes pines para satisfacer las necesidades del proyecto y las posibles evoluciones.

#### Contras

- Por sí mismo no dispone de una interfaz de red que le permita comunicarse por internet. Por lo que necesita utilizar un shield WiFi que le proporcione esta funcionalidad, lo cual encarece el coste de esta opción.

Primando la evolución del producto se va a escoger la placa Arduino Mega con un shield WiFi como base para el desarrollo del proyecto.

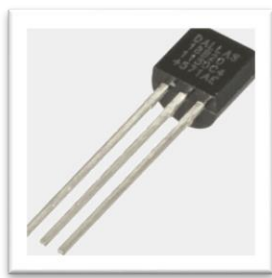
#### 3.3.2.2. Sensores

##### 3.3.2.2.1.1. Sensor de temperatura

Para medir la temperatura tanto del agua como de la luminaria utilizaré el sensor DS18B20 (20).

Sobre el sensor DS18B20:

- Es un termómetro digital de alta precisión, entre 9 y 12 bits de precisión de temperatura en grados Celsius (es posible escoger la precisión deseada).



*Ilustración 10. Sensor DS18B20.*

- Su temperatura operativa se encuentra entre -50 y 125 grados Celsius. La precisión, en el rango comprendido entre -10 y 85 grados es de  $\pm 0.5$  grados.



Ilustración 11. Sensor DS18B20 sumergible.

- Su precio es económico, su interfaz de funcionamiento es sencilla y su uso es muy provechoso para proyectos que requieran mediciones precisas y confiables.
- Para más información, consultar la hoja de datos (datasheet) del dispositivo (está en inglés): <http://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>
- Se puede escoger entre el modelo sumergible (ilustración 9) y los modelos para uso en placas de circuitos (ilustración 10).

Ilustración 12. Sensor DS18B20.



Ilustración 13. Interfaz de comunicación del sensor DS18B20.

#### 3.3.2.2.1.2. Sensor de nivel de líquido

Para controlar el nivel de agua voy a utilizar un interruptor hermético con una boya, cuando el nivel del agua baje del nivel seleccionado por el usuario el interruptor se cerrará indicando al controlador que active el relé que controla la bomba de relleno hasta un segundo sensor, colocado por encima del primero, indique al controlador que se ha recuperado el nivel deseado.



Ilustración 14. Sensor de nivel de líquido.

#### 3.3.2.2.1.3. Reloj

Para automatizar el encendido, el apagado y la configuración de los distintos modos de funcionamiento de la luminaria es necesario saber en todo momento que hora es, para ello disponemos de dos opciones:

- La primera es utilizar el reloj interno de Arduino a través de la librería Time, mide el número de milisegundos que pasan desde que se inicializa. Esta solución es la más económica y fácil, pero tiene un inconveniente y es que internamente utiliza una variable de tipo long (32 bits) que inevitablemente desbordará a los 50 días aproximadamente como explico a continuación.
  - $2^{32} = 4.294.967.296$  este será el número más grande que puede almacenarse en 32b.
  - $1000 \text{ ms} * 60 \text{ s} * 60 \text{ m} * 24 \text{ h} = 86.400.000 \text{ ms}$  transcurridos en un día.
  - $4.294.967.296 / 86400000 = 49,71$  días hasta que la variable desborde.
- La segunda opción es utilizar un reloj externo con su propia memoria y una batería para mantenerse en hora cuando haya cortes de luz. Esta opción libera a Arduino de la tarea de contar los milisegundos desde que se inició la ejecución, con el ahorro energético que eso significa. Existen varios modelos que se adaptan a nuestras necesidades, en concreto vamos a analizar dos opciones:
  - DS1307, este reloj se comunica por el bus I2C, por lo que es sencillo obtener los datos medidos y se alimenta a una tensión de entre 4,5 y 5,5 V. Pero tiene una desventaja, las variaciones de temperatura que sufren los cristales resonadores afectan a la medición del tiempo. Esto se traduce en desfase de entre 1 o 2 minutos al día. En este módulo la batería tiene una duración aproximada de 3 años alimentándose exclusivamente de la misma (21).

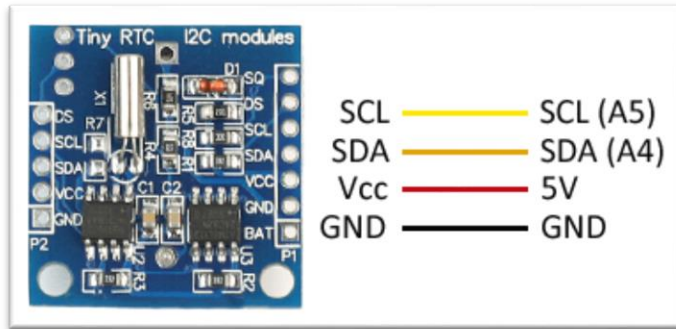


Ilustración 15. DS1307.

- DS3231, al igual que el modelo anterior este también se comunica por el bus I2C y se alimenta a una tensión de entre 2,3 y 5,5V. Para solucionar el problema de las variaciones de temperatura este módulo incorpora un pequeño sensor de temperatura. Aplicando una compensación acorde a la temperatura este módulo garantiza un desfase máximo de 172ms/día. En este módulo la duración de la batería es menor, aproximadamente de unos 8 meses (22).

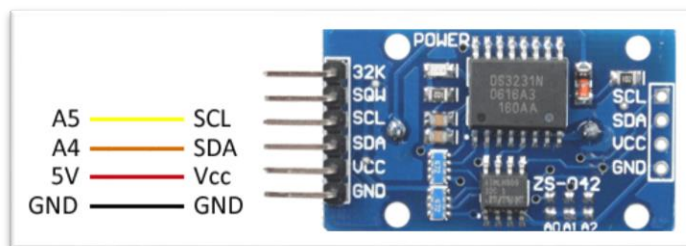


Ilustración 16. DS3231.

### 3.3.2.3. Actuadores

#### 3.3.2.3.1. Interruptor tele mandado

Para controlar los dispositivos eléctricos del acuario utilizaremos relés, pero ¿Por qué utilizar relés cuando un transistor podría hacer lo mismo?

- Es una tecnología muy probada y establecida en la industria (se inventaron a finales del siglo 19).
- Hay límites en la corriente que un transistor puede aceptar, pero un relé puede diseñarse para que aguante cualquier carga, basta con que los extremos metálicos de los contactos lo soporten.
- Los relés aíslan completamente el circuito de potencia. Mientras que los transistores ofrecen una resistencia muy alta, pero no lo aíslan.

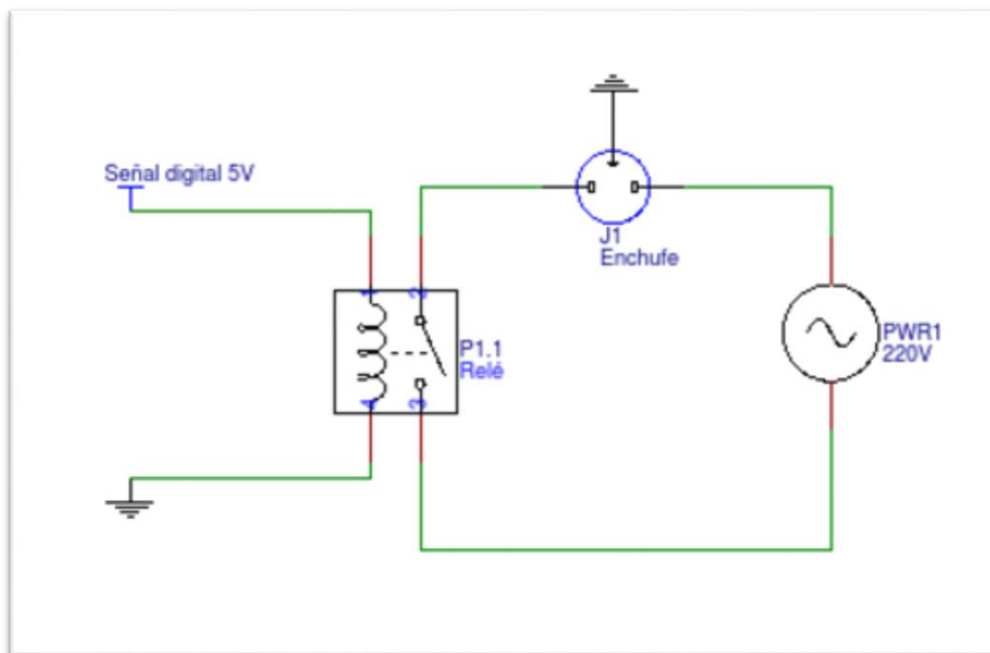


Ilustración 17. Esquema de conexión de relé.

Teniendo en cuenta que todos los aparatos eléctricos del acuario funcionan con la tensión de la red eléctrica y tienen una potencia dispar se utilizarán relés con las siguientes características:

<b>Voltaje de entrada</b>	<b>5V</b>
<b>Voltaje de carga/intensidad de carga AC</b>	250V/10A
<b>Voltaje de carga/intensidad de carga DC</b>	30V/10A

Tabla 7. Características relé.

Por lo tanto, los aparatos controlados no podrían superar los 2500w de potencia en corriente alterna. El aparato que más potencia requiere es el calentador que, en función del tamaño del acuario, puede llegar a los 1000w.



Ilustración 18. Relé.

#### 3.3.2.3.2. Transistores

Para poner en contexto lo primero que tenemos que explicar es que Arduino no es capaz de proporcionar una autentica salida analógica. Ni si quiera puede proporcionar una salida analógica discretizada de tensión. Lo único que puede proporcionar es una salida digital de 0V o 5V.

Para salvar esta limitación y simular una salida analógica Arduino emplea una artimaña, que consiste en activar una señal digital durante un tiempo y mantenerla apagada el resto. El promedio de la tensión de salida, a lo largo del tiempo, será igual al valor analógico deseado.

Para realizar este proceso Arduino modula el ancho del pulso manteniendo constante la frecuencia, como se puede ver en la siguiente ilustración (Ilustración 16).

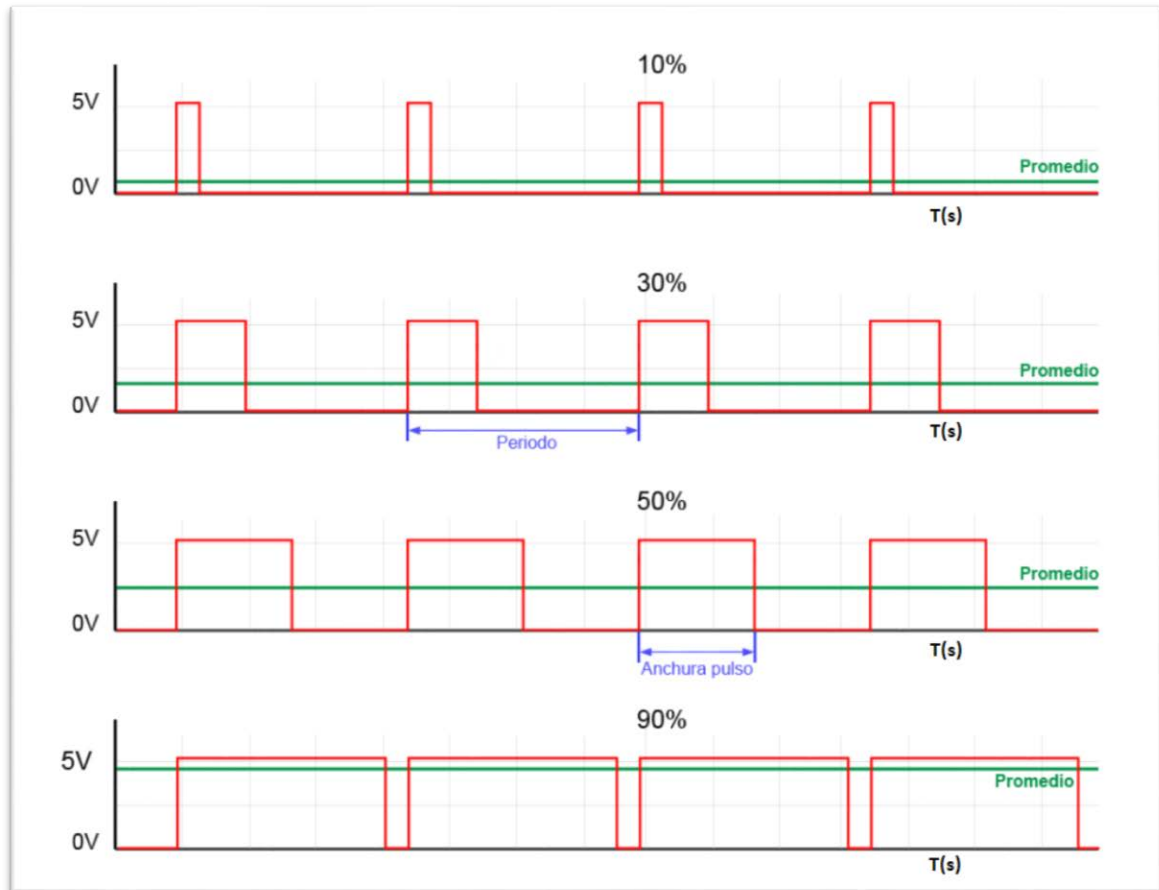


Ilustración 19. Modulación del ancho de pulso PWM.

Ahora que ya tenemos una pseudoseñal analógica se plantea otro problema, y es que la tensión de salida de Arduino es de 5V y 40mA como máximo. Y los leds que vamos a utilizar son de 3W a 3V, lo que quiere decir que necesitan 1A para funcionar. Por lo tanto, vamos a utilizar una fuente de alimentación externa adecuada al número de leds que se vayan a utilizar y un transistor para amplificar la señal producida por Arduino.

Para el prototipo se van a utilizar 72 leds de 3 W a 3 V con una fuente de alimentación de 240 W a 12 V. Instalaremos los leds en series de 4 unidades:

- 8 leds rojos, 2 series con un transistor.
- 24 azules, 6 series con un transistor.
- 40 blancos, 10 series con dos transistores.

Los leds se conectarán siguiendo el siguiente esquema (Ilustración17).



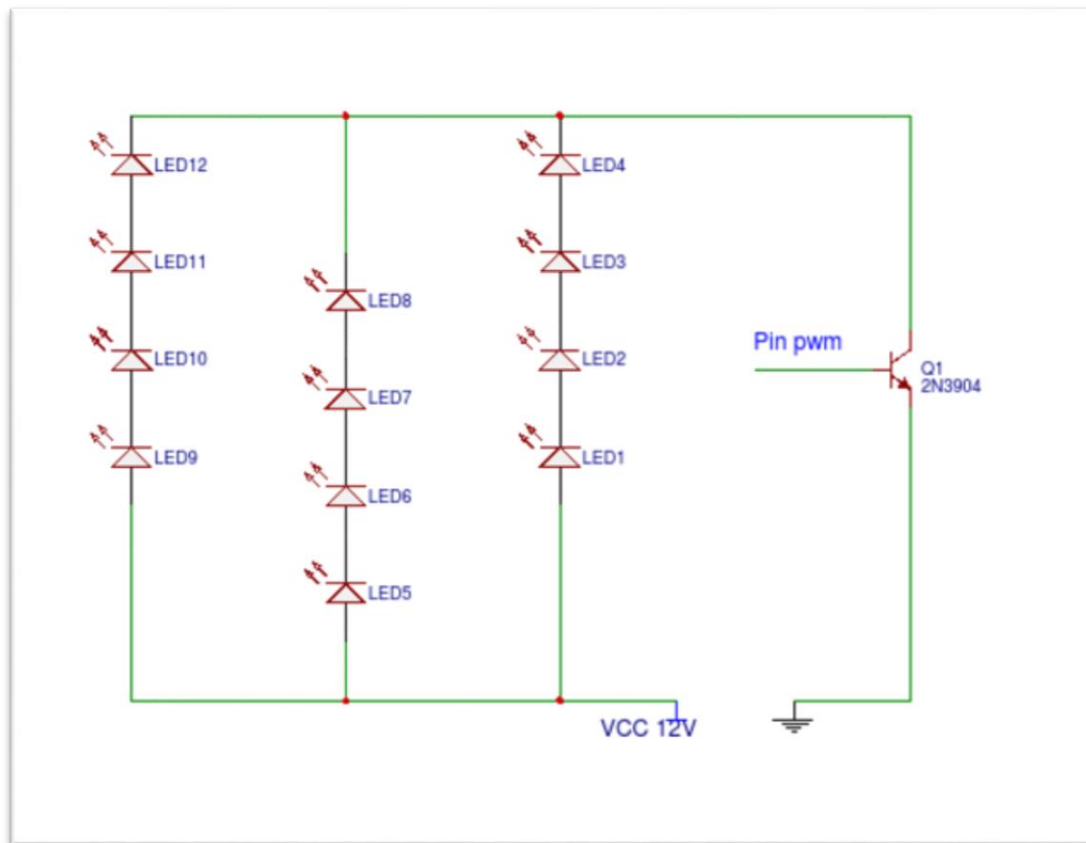


Ilustración 20. Esquema de conexión Led y transistor.

Haciendo unos cuantos cálculos podemos ver las características mínimas que necesitamos para el transistor:

- Tensión de funcionamiento 12V.
- Intensidad 2A para los leds rojos, 6A para los azules y 5A para cada uno de los blancos.
  - Rojos 8 Leds\*3W=24W 24W/12V=2A.
  - Azules 24 Leds\*3W=72W 72W/12V=6A.
  - Blancos 20 Leds\*3W=60W 60W/12V=5A.

En general los transistores BJT, transistores bipolares, resultan apropiados para funcionar como amplificación para señales PWM. Esto no suele ser así en los transistores MOS, donde los efectos capacitivos del mismo pueden provocar funcionamientos anómalos.

Teniendo en cuenta las necesidades descritas anteriormente vamos a utilizar transistores TIP141, se trata de un transistor bipolar NPN con las siguientes características:

- Tensión máxima 80V.
- Potencia máxima 125W.
- Intensidad máxima 10A.

Este transistor tiene un precio entorno a los 2€ por unidad comprándolos al por menor, adquiriendo cantidades importantes el precio se reduce a la mitad.

### 3.3.3. Plataforma web

Para comunicar Arduino con el mundo exterior existen varias opciones, la primera división la encontramos en desarrollar una aplicación web que se ajuste a nuestras necesidades o utilizar una plataforma web configurable que nos provea de una interfaz de comunicación.

Si nos decantamos por la primera opción tendríamos que desarrollar la aplicación y adquirir servidores web donde alojarla, el desarrollo se realizaría en Java, por ser el lenguaje de programación donde me encuentro más cómodo. En este punto nos faltaría elegir la arquitectura de la aplicación, monolítica o microservicios.

En la arquitectura monolítica todo el programa se empaqueta en un único archivo ejecutable, aunque el programa este dividido en diferentes módulos, por lo tanto, a la hora de afrontar cambios se tiene que desplegar el programa cada vez que se produzcan.

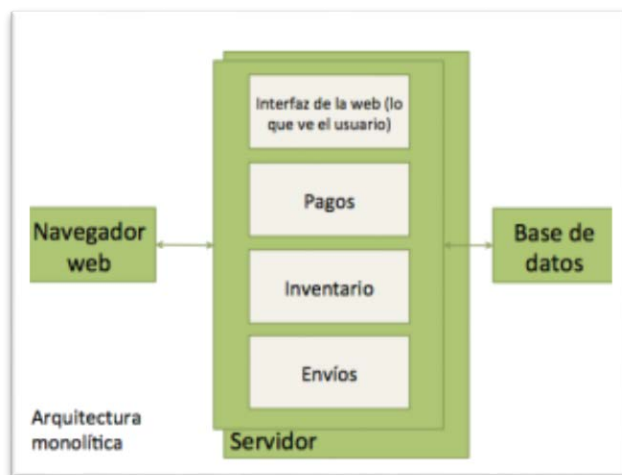


Ilustración 21. Arquitectura monolítica.

Sin embargo, en arquitectura en microservicios en vez de tener un único ejecutable, cada componente es un ejecutable por sí mismo, y los servicios se comunican entre sí a través de llamadas. De esta manera si hay que realizar un cambio en un componente solo es afectado

dicho componente mientras que la interfaz que muestre se mantenga estable. Además de facilitar el escalado del servicio global en caso de ser necesario.

Por ser más escalable y modular elegiremos la arquitectura en microservicios para el proyecto.

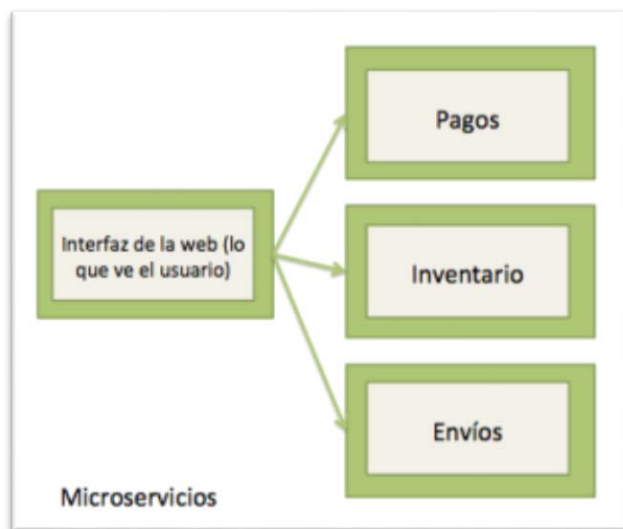


Ilustración 22. Arquitectura en microservicios.

Si nos decantamos por la segunda opción, utilizar un servicio externo, existen varias plataformas que ofrecen conectividad de objetos y dispositivos de nuestros proyectos IoT con Arduino (23).

- aRest Framework funciona con placas Arduino ESP8266 y RaspberryPi, proporciona una interfaz de servicios REST configurable tanto desde el lado del controlador como del servidor (23).

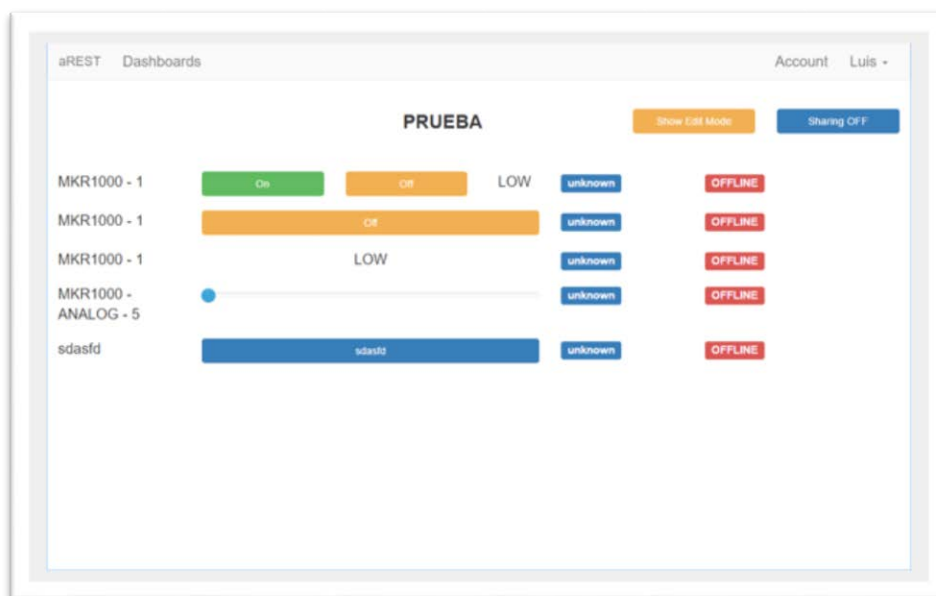


Ilustración 23. aRest Framework.

Este framework es de código abierto y de uso gratuito. Lo podemos encontrar en GitHub e instalar en un servidor. Los desarrolladores de esta plataforma ofrecen poca documentación (23).

- Thingier.io, al igual que aRest framework, es compatible con Arduino, ESP8266 y Raspberry Pi, además también es compatible con Intel Edison. Esta plataforma facilita la creación del servicio web que orquestara la comunicación, ya que desde el propio controlador se definen los servicios y los parámetros que requieren o envían (24).

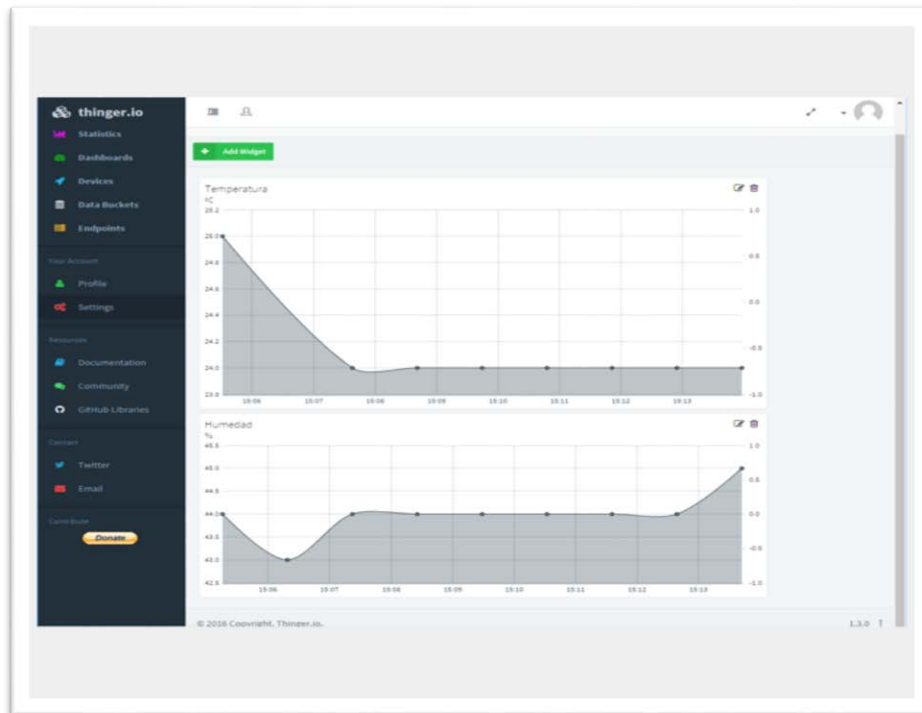


Ilustración 24. Thingier.io.

Thingier ofrece cuenta para desarrolladores, de forma gratuita, para utilizar sus servidores en la nube. Desde su web es posible visualizar toda la información transmitida por los dispositivos conectados y personalizarse cuadros de mando (24).

Esta plataforma está desarrollada por Álvaro Luis Bustamante, profesor de la Universidad Carlos III de Madrid, lo cual es un punto a favor muy importante (24).

- Arduino cloud ofrece compatibilidad total con placas Arduino con capacidad de conectarse a internet. La configuración de la placa es muy sencilla, en la página web de Arduino se explica cómo.

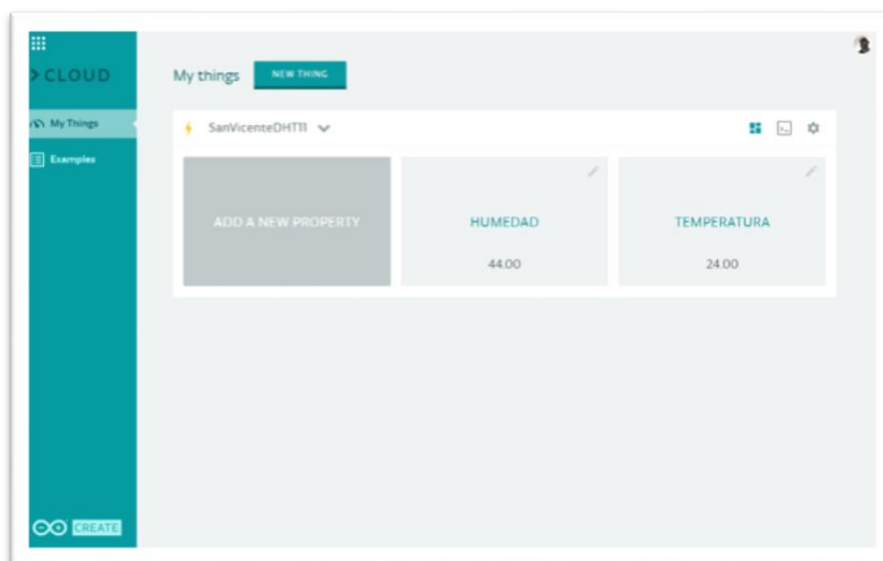


Ilustración 25. Arduino cloud.

A pesar de la facilidad de configuración, esta plataforma no tiene un API para poder consultar los datos recogidos por el dispositivo desde el exterior de la plataforma. Este hándicap reduce la usabilidad de esta plataforma.

Plataforma	Licencia de desarrollador	API externa	Cuadro de mandos
<b>aRest framework</b>	Gratuita	Si	No
<b>Thinger.io</b>	Gratuita	SI	Si
<b>Arduino cloud</b>	Gratuita	No	No

Tabla 8. Resumen de plataformas IoT.

Para el desarrollar este proyecto voy a utilizar una plataforma web configurable, principalmente por que proporcionan una solución adaptable al proyecto con lo que ahorrare en tiempo de desarrollo. Concretamente voy a utilizar Thinger.io por la gran cantidad de documentación que hay en su página web.

#### 3.3.4. Conclusión

Para llevar a cabo este proyecto utilizaré una placa Arduino mega con un shield wifi, con los sensores y actuadores siguientes:

- Sonda de temperatura. Con esta sonda mediré la temperatura del agua para informar al usuario de la temperatura del agua. Además de activar el calentador o los ventiladores cuando corresponda.
- Sonda de nivel líquido. Con esta sonda mediré el nivel de agua en el acuario y activaré la bomba de relleno cuando el nivel de agua alcance la boya inferior y la pararé cuando alcance la superior. También mediré el nivel de agua en la urna de relleno, para avisar al usuario antes de que ésta se vacíe.

- Relés. Con el uso de relés activaré o desactivaré cada uno de los aparatos eléctricos que funcionan en el acuario: bomba de subida, bomba de movimiento, cada uno de los canales de la luminaria, skimmer, bomba de rellenado...
- Transistores Tip141. Con el uso de estos transistores regularé la tensión que recibe cada una de los canales de la luminaria, consiguiendo, de esta manera, graduar la intensidad lumínica de los leds.
- Reloj RTC (Real Time Clock). Con el uso de este reloj podemos saber la hora exacta en cualquier momento, además incluyen una pequeña pila para mantener la hora cuando el dispositivo esté desconectado.

Para llevar a cabo la comunicación entre Arduino y la aplicación utilizaré la plataforma [thinger.io](https://thinger.io). Esta plataforma proporciona un servicio web de comunicación donde el Arduino se conecta a esta plataforma y proporciona una API REST, definiendo un recurso para cada sensor y actuador que defina el desarrollador en el software empotrado. De esta manera se posibilita la comunicación entre Arduino y la aplicación. Thinger proporciona una interfaz al controlador Arduino y la aplicación móvil una interfaz web para enviar y recibir información.

En la siguiente imagen se puede ver un esquema conceptual de la comunicación entre el controlador Arduino y la aplicación móvil a través del servicio de [thinger.io](https://thinger.io).

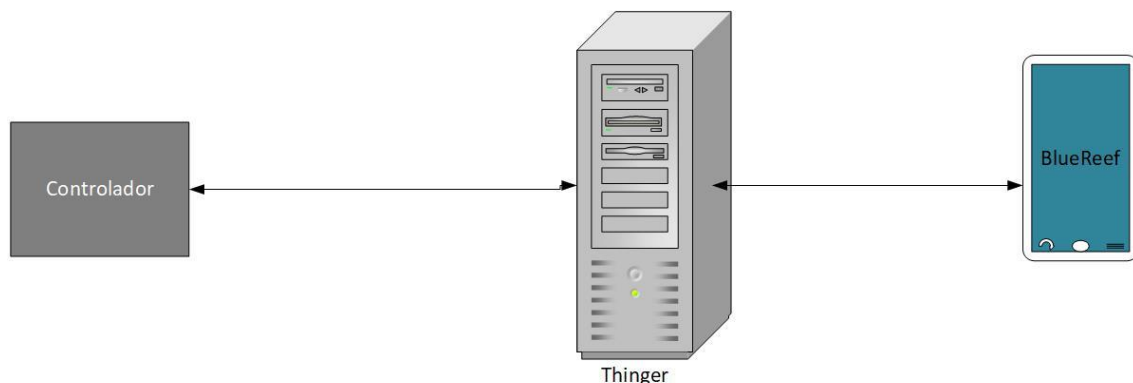


Ilustración 26. Esquema conceptual de comunicación.

### 3.4. Identificación de los usuarios participantes

Durante el desarrollo del proyecto se identifican los siguientes roles, descritos en este apartado, todos ellos serán asumidos por mí.

**Product owner:** es el representante de todas las personas interesadas en los resultados del proyecto. Define los objetivos del producto y dirige los resultados para maximizar su valor y planifica, revisa y da detalle a los objetivos de cada iteración. Por así decirlo, este rol representa al dueño de la idea de producto, esta persona sabe que es lo que quiere que haga el producto. En los diagramas aparecerá como David del Rey.

**Jefe de proyecto / Scrum master:** este rol vela porque los participantes en el proyecto sigan los valores y principios ágiles. Asegura que exista una lista de requisitos priorizada y facilita la comunicación entre los miembros del equipo. Además, enseña al equipo a auto gestionarse y elimina impedimentos para que el equipo consiga el objetivo en cada iteración. Al tratarse de un proyecto personal en el que solo participa una persona podría parecer que no hace falta esta figura, pero creo que es totalmente necesaria ya que representa la gestión del proyecto,

aseguramiento de la calidad y configuración. En el proyecto este rol lo asumiré yo, en los diagramas aparecerá como David SM.

Equipo: los miembros del equipo provienen de diferentes áreas de conocimiento, formando un equipo multidisciplinar. Entre todos los miembros del equipo tienen que tener todas las habilidades necesarias para llevar a cabo el proyecto sin depender del exterior. Cada uno de los siguientes roles representa una faceta del conocimiento que considero que es necesario para la consecución del proyecto:

- Desarrollador enfocado en experiencia de usuario. En el proyecto este rol lo asumiré yo, en los diagramas aparecerá como David UX.
- Desarrollador Android. En el proyecto este rol lo asumiré yo, en los diagramas aparecerá como David AN.
- Desarrollador web/experto en thinger.io. En el proyecto este rol lo asumiré yo, en los diagramas aparecerá como David WB.
- Desarrollador Arduino, experto en electrónica, sensores y actuadores. En el proyecto este rol lo asumiré yo, en los diagramas aparecerá como David AR.

Los apellidos detrás de cada “David” son producto de la necesidad de identificar unívocamente a un recurso en Microsoft Project, el significado de los apellidos es el siguiente:

- SM: scrum master.
- UX: user experience, experiencia de usuario.
- AN: Android.
- WB: web.
- AR: arduino.

### 3.5. Identificación de los usuarios finales

Usuario/cliente: el objetivo del producto será una persona entre 25 y 60 años con cierta afinidad por la tecnología y habitualmente serán expertos en acuariofília, aunque el producto se enfocará también a usuarios sin experiencia.

Servicio de asistencia técnica: estos usuarios serán expertos en el uso y funcionamiento del producto y prestarán ayuda a los compradores ante posible fallos o errores en el producto.

## 4. Gestión del proyecto

### 4.1. Planificación

El proyecto se dividirá en seis partes:

- Estudio de viabilidad.
- Análisis.
- Tres sprints de aproximadamente 30 días y uno de 13.

Cada sprint tendrá una estructura similar, en primer lugar, se realizará un sprint planing donde se indicarán los objetivos a cumplir. Seguidamente se definirán unas pruebas de regresión, en estas pruebas se indica las acciones a llevar a cabo para mantener la integridad del proyecto y asegurar que un cambio futuro no altere una funcionalidad desarrollada anteriormente. En siguiente lugar aparecerá la planificación específica estimada para dicho sprint. Seguidamente se ejecutarán las pruebas de regresión definidas al inicio del sprint y, por último, se dedicará una

jornada a reflexionar sobre el trabajo realizado hasta el momento y como mejorar en el método de trabajo para tratar de ser más eficiente (sprint review).

Este último punto, el sprint review, podría parecer inútil en un proyecto en el que trabaja una sola persona, pero dedicar un día a mirar hacia atrás y analizar cómo se ha enfocado el trabajo realizado hasta el momento creo que solo puede resultar positivo, tanto para el proyecto como para mí.

En las ilustraciones de los siguientes apartados se puede observar que cuando más de un “David” trabaja en la misma tarea siempre están dedicados de forma que sumen un 100% de dedicación. Esto puede ocasionar alguna duda, pero como ya indique antes, el proyecto lo he realizado solo y con esta división he tratado de reflejar la necesidad de tocar diferentes ámbitos de conocimiento.

#### 4.1.1. Estudios de viabilidad

La fase de realización del estudio de viabilidad tendrá una duración de 5 días. Se realizará una investigación sobre el producto a comparar (profilux), así como sobre placas Arduino para desarrollo de prototipos y los sensores y actuadores, sin olvidar los transistores que amplificarán la señal proporcionada por la placa. También se estudiarán diferentes plataformas IoT para basar en estas el desarrollo del proyecto. La información extraída de estas investigaciones está recogida en el apartado 3 Estudio de viabilidad. A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.



Ilustración 27. Diagrama de Gantt del Estudio de viabilidad.

#### 4.1.2. Análisis

La fase de análisis tendrá una duración de 20 días. El objetivo de esta fase es que todo el equipo se familiarice con los requerimientos del producto. Durante esta fase se especificarán en alto nivel todos los requisitos del producto. Posteriormente, dentro de cada sprint se analizarán en detalle los requisitos que se incluyan en dicho sprint.

En esta fase quedaran cerradas las pruebas mínimas que ha de pasar el software para que consideremos que se cumple la funcionalidad. Estas pruebas pueden cambiar y ampliarse durante el desarrollo del proyecto. A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.

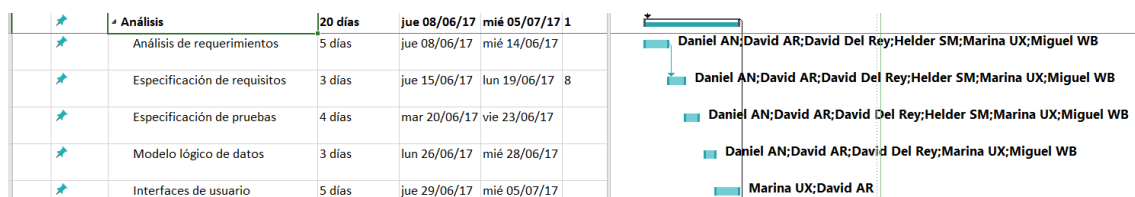


Ilustración 28. Diagrama de Gantt de la fase de análisis.



#### 4.1.3. Sprint 1

El sprint 1 del proyecto tendrá una duración de 30 días. Durante este sprint se buscará definir la arquitectura del sistema y el modelo de datos, obtener un primer prototipo de la parte electrónica del producto, diseñar la interfaz gráfica de la aplicación y configurar la plataforma web de IoT (thinger.io). A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.

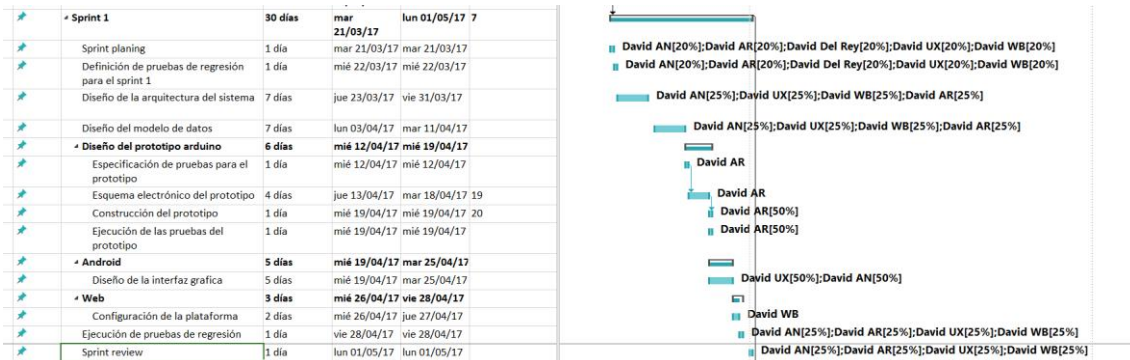


Ilustración 29. Diagrama de Gantt del sprint 1.

#### 4.1.4. Sprint 2

El sprint 2 del proyecto tendrá una duración de 29 días. Durante este sprint se buscará diseñar y desarrollar el componente empotrado y desarrollar la navegación en la aplicación Android. A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.

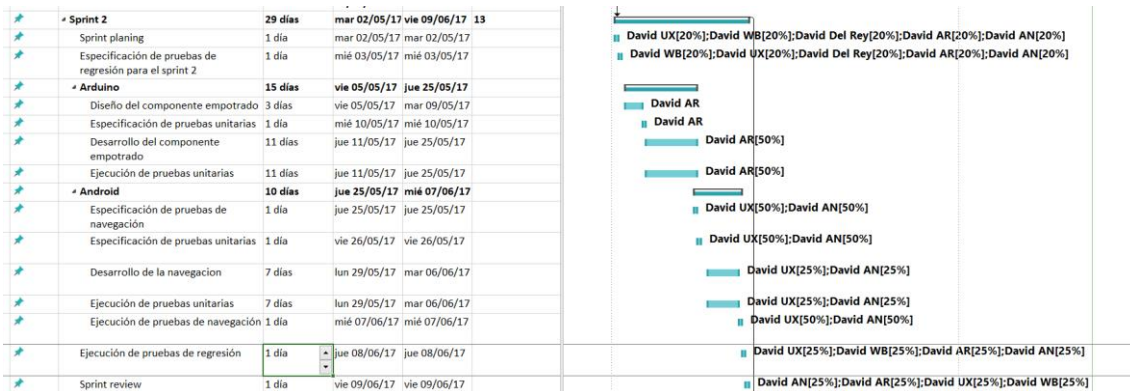


Ilustración 30. Diagrama de Gantt del sprint 2.

#### 4.1.5. Sprint 3

El sprint 3 del proyecto tendrá una duración de 30 días. Durante este sprint se buscará refinar y refactorizar el componente empotrado y resolver deuda técnica en caso de haberla y desarrollar la conexión con thinger.io desde Android. A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.

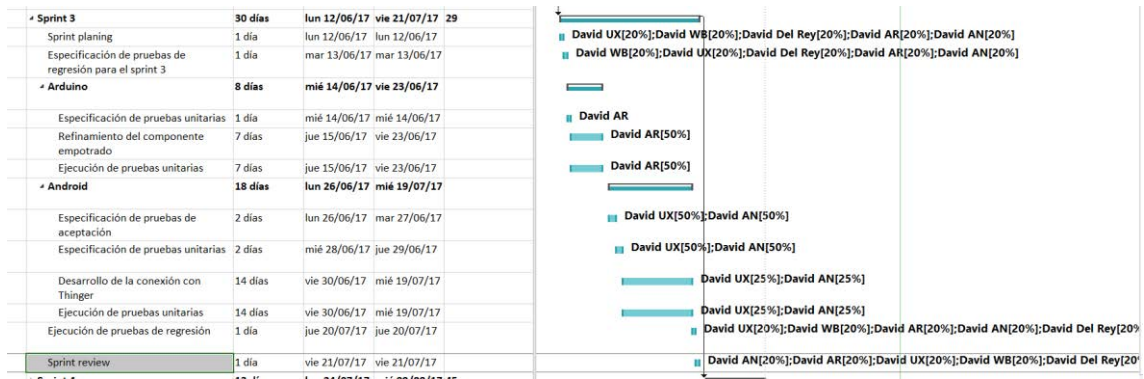
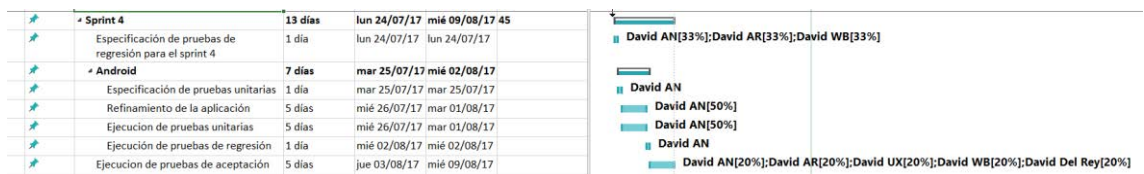


Ilustración 31. Diagrama de Gantt del sprint 3.

#### 4.1.6. Sprint 4

El sprint 4 del proyecto tendrá una duración de 13 días. Durante este sprint se buscará refinar y refactorizar la aplicación Android y resolver deuda técnica en caso de haberla. Este sprint podría tratarse como un colchón para suplir mi experiencia a la hora de estimar y analizar las tareas necesarias para la consecución del proyecto. A continuación, se muestra el diagrama de Gantt asociado a esta parte del proyecto.



### 4.2. Estimación

En este apartado se detalla la estimación de los costes y de la planificación del proyecto.

En la parte de costes se tienen en cuenta todos los costes asociados al proyecto como son los costes salariales de todos los empleados asociados al proyecto, el coste de los recursos utilizados, como son equipos informáticos, software, personal auxiliar... y otros gastos adicionales como son los servicios de luz, agua, oficinas...

#### 4.2.1. Equipo informático

##### 4.2.1.1. Hardware

En este apartado se detallarán los costes asociados a los equipos informáticos utilizados durante el proyecto por los miembros del equipo. En la siguiente tabla se muestran los costes detallados.

Descripción	Tipo	Unidades	Precio	Total
<b>Asus F554LA-XX891H</b>	Ordenador portátil	1	579,00€	579,00€
<b>Logitech Wireless Mouse M175</b>	Ratón inalámbrico	1	12,95€	12,95€
<b>Total</b>				591,95€

Tabla 9. Coste del equipo informático.

Teniendo en cuenta que el equipo informático se amortiza en 3 años, y que la duración del proyecto es de aproximadamente 7 meses, el coste proporcional sería de:

- $[(591,95) / 36] * 7 = 106,25\text{€}$
- Total = **106,25€**

## 4.2.1.2. Software

En la siguiente tabla se muestran las herramientas necesarias para la elaboración del proyecto.

Descripción	Unidades	Precio
Windows 10	1	279,00€
Microsoft Office	1	135,00€
Panda Antivirus	1	51,00€
Taiga	1	Gratuito
Thinger.io	1	Gratuito
Microsoft Visio	1	269,00€
Microsoft Project	1	699,66€
Arduino IDE	1	Gratuito
Android Studio	1	Gratuito
Axure	1	348€
<b>TOTAL</b>		<b>1781,66€</b>

Tabla 10. Coste del software.

Teniendo en cuenta que la amortización del software utilizado es de un año, y que la duración del proyecto es de 4 meses, el cliente tendrá que pagar:

- $(1781,66/12) * 7 = 1039,30€$

## 4.2.2. Recursos humanos

La jornada laboral será de 40 horas semanales a razón de 8 horas al día, de lunes a viernes. El coste por hora de trabajo quedará detallado en la siguiente tabla.

Nombre	Cargo	Tasa estándar
David del Rey	Product owner	25,00€/hora
David SM	Jefe de proyecto / Scrum master	20,00€/hora
David AR	Experto en Arduino	15,00€/hora
David UX	Experto en experiencia de usuario	15,00€/hora
David AN	Experto en Android	15,00€/hora
David WB	Experto en desarrollo web y plataformas IoT	15,00€/hora

Tabla 11. Coste por hora.

El total de horas dedicadas al proyecto de cada miembro del equipo se detalla en la siguiente tabla.

Nombre	Comienzo	Fin	Horas dedicadas
David Del Rey	ma 14/02/17	mié 09/08/17	262,4 horas
David AR	mar 21/02/17	mié 09/08/17	329,43 horas
David SM	mar 21/02/17	mié 09/08/17	96 horas
David UX	mar 21/02/17	mié 09/08/17	226,8 horas
David AN	mar 21/02/17	mié 09/08/17	265,43 horas
David WB	mar 21/02/17	mié 09/08/17	93,43 horas

Tabla 12. Horas estimadas de trabajo.

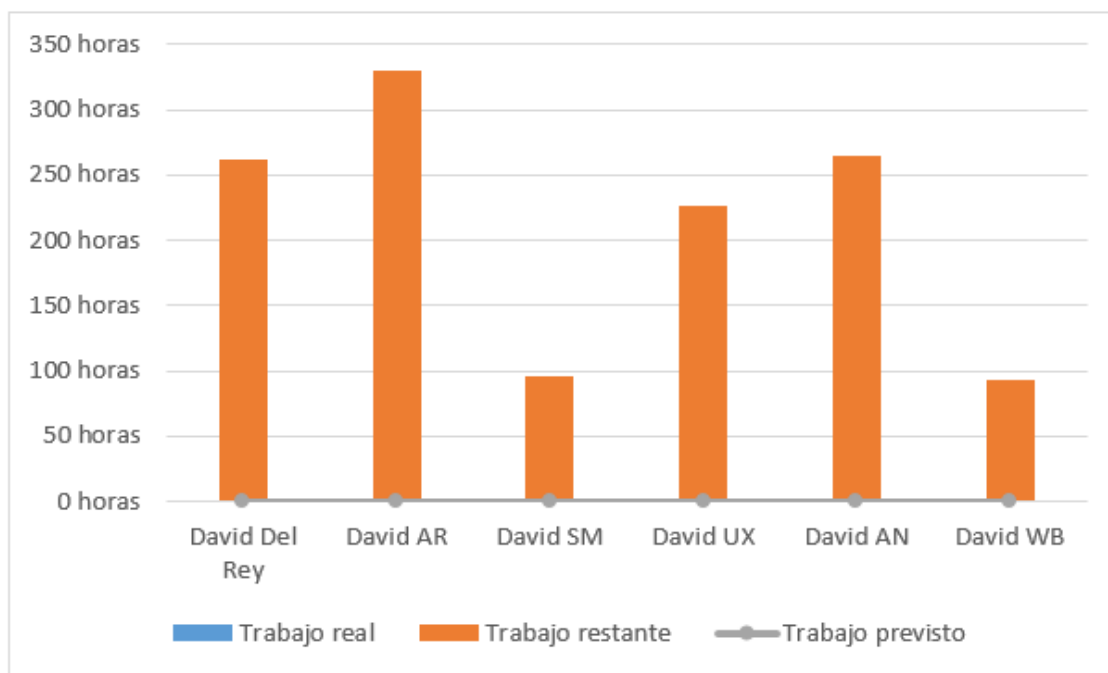


Ilustración 32. Comparativa de horas estimadas de trabajo.

En la siguiente tabla se detalla el coste por tarea, miembro del equipo asignado y duración.

Nombre de tarea	Costo total	Duración programada
Estudio de viabilidad	<b>1.000,00 €</b>	<b>5 días</b>
Investigación sobre profilux	200,00 €	1 día
David Del Rey	200,00 €	
Investigación sobre placas	200,00 €	1 día
David Del Rey	200,00 €	
Investigación sobre sensores y actuadores	200,00 €	1 día
David Del Rey	200,00 €	
Investigación sobre transistores	200,00 €	1 día
David Del Rey	200,00 €	
Estudios de plataformas web IoT	200,00 €	1 día
David Del Rey	200,00 €	
Análisis	<b>2.718,00 €</b>	<b>20 días</b>
Análisis de requerimientos	730,00 €	5 días
David Del Rey	250,00 €	
David AR	90,00 €	
David SM	120,00 €	
David UX	90,00 €	
David AN	90,00 €	
David WB	90,00 €	
Especificación de requisitos	438,00 €	3 días
David Del Rey	150,00 €	
David AR	54,00 €	
David SM	72,00 €	
David UX	54,00 €	
David AN	54,00 €	
David WB	54,00 €	

<b>Especificación de pruebas de aceptación</b>	<b>584,00 €</b>	<b>4 días</b>
<i>David Del Rey</i>	200,00 €	
<i>David AR</i>	72,00 €	
<i>David SM</i>	96,00 €	
<i>David UX</i>	72,00 €	
<i>David AN</i>	72,00 €	
<i>David WB</i>	72,00 €	
<b>Modelo lógico de datos</b>	<b>366,00 €</b>	<b>3 días</b>
<i>David Del Rey</i>	150,00 €	
<i>David AR</i>	54,00 €	
<i>David UX</i>	54,00 €	
<i>David AN</i>	54,00 €	
<i>David WB</i>	54,00 €	
<b>Interfaces de usuario</b>	<b>600,00 €</b>	<b>5 días</b>
<i>David AR</i>	300,00 €	
<i>David UX</i>	300,00 €	
<b>Sprint 1</b>	<b>5.156,00 €</b>	<b>30 días</b>
<i>David SM</i>	480,00 €	
<b>Sprint planing</b>	<b>136,00 €</b>	<b>1 día</b>
<i>David Del Rey</i>	40,00 €	
<i>David AR</i>	24,00 €	
<i>David UX</i>	24,00 €	
<i>David AN</i>	24,00 €	
<i>David WB</i>	24,00 €	
<b>Definición de pruebas de regresión para el sprint 1</b>	<b>136,00 €</b>	<b>1 día</b>
<i>David Del Rey</i>	40,00 €	
<i>David AR</i>	24,00 €	
<i>David UX</i>	24,00 €	
<i>David AN</i>	24,00 €	
<i>David WB</i>	24,00 €	
<b>Diseño de la arquitectura del sistema</b>	<b>840,00 €</b>	<b>7 días</b>
<i>David AR</i>	210,00 €	
<i>David UX</i>	210,00 €	
<i>David AN</i>	210,00 €	
<i>David WB</i>	210,00 €	
<b>Diseño del modelo de datos</b>	<b>840,00 €</b>	<b>7 días</b>
<i>David AR</i>	210,00 €	
<i>David UX</i>	210,00 €	
<i>David AN</i>	210,00 €	
<i>David WB</i>	210,00 €	
<b>Diseño del prototipo Arduino</b>	<b>1.116,00 €</b>	<b>6 días</b>
<i>David Del Rey</i>	396,00 €	
<b>Especificación de pruebas para el prototipo</b>	<b>120,00 €</b>	<b>1 día</b>
<i>David AR</i>	120,00 €	
<b>Esquema electrónico del prototipo</b>	<b>480,00 €</b>	<b>4 días</b>
<i>David AR</i>	480,00 €	

<b>Construcción del prototipo</b>	60,00 €	1 día
<i>David AR</i>	60,00 €	
<b>Ejecución de las pruebas del prototipo</b>	60,00 €	1 día
<i>David AR</i>	60,00 €	
Android	<b>930,00 €</b>	<b>5 días</b>
<i>David Del Rey</i>	330,00 €	
<b>Diseño de la interfaz grafica</b>	600,00 €	5 días
<i>David UX</i>	300,00 €	
<i>David AN</i>	300,00 €	
Web	<b>438,00 €</b>	<b>2 días</b>
<i>David Del Rey</i>	198,00 €	
<b>Configuración de la plataforma</b>	240,00 €	2 días
<i>David WB</i>	240,00 €	
<b>Ejecución de pruebas de regresión</b>	120,00 €	1 día
<i>David AR</i>	30,00 €	
<i>David UX</i>	30,00 €	
<i>David AN</i>	30,00 €	
<i>David WB</i>	30,00 €	
<b>Sprint review</b>	120,00 €	1 día
<i>David AR</i>	30,00 €	
<i>David UX</i>	30,00 €	
<i>David AN</i>	30,00 €	
<i>David WB</i>	30,00 €	
Sprint 2	<b>5.626,00 €</b>	<b>29 días</b>
<i>David SM</i>	464,00 €	
<b>Sprint planing</b>	136,00 €	1 día
<i>David Del Rey</i>	40,00 €	
<i>David AR</i>	24,00 €	
<i>David UX</i>	24,00 €	
<i>David AN</i>	24,00 €	
<i>David WB</i>	24,00 €	
<b>Especificación de pruebas de regresión para el sprint 2</b>	136,00 €	1 día
<i>David Del Rey</i>	40,00 €	
<i>David AR</i>	24,00 €	
<i>David UX</i>	24,00 €	
<i>David AN</i>	24,00 €	
<i>David WB</i>	24,00 €	
Arduino	<b>2.790,00 €</b>	<b>15 días</b>
<i>David Del Rey</i>	990,00 €	
<b>Diseño del componente empotrado</b>	360,00 €	3 días
<i>David AR</i>	360,00 €	
<b>Especificación de pruebas unitarias</b>	120,00 €	1 día
<i>David AR</i>	120,00 €	
<b>Desarrollo del componente empotrado</b>	660,00 €	11 días
<i>David AR</i>	660,00 €	
<b>Ejecución de pruebas unitarias</b>	660,00 €	11 días

<i>David AR</i>	660,00 €	
Android	<b>1.860,00 €</b>	<b>10 días</b>
<i>David Del Rey</i>	660,00 €	
Especificación de pruebas de navegación	120,00 €	1 día
<i>David UX</i>	60,00 €	
<i>David AN</i>	60,00 €	
Especificación de pruebas unitarias	120,00 €	1 día
<i>David UX</i>	60,00 €	
<i>David AN</i>	60,00 €	
Desarrollo de la navegación	420,00 €	7 días
<i>David UX</i>	210,00 €	
<i>David AN</i>	210,00 €	
Ejecución de pruebas unitarias	420,00 €	7 días
<i>David UX</i>	210,00 €	
<i>David AN</i>	210,00 €	
Ejecución de pruebas de navegación	120,00 €	1 día
<i>David UX</i>	60,00 €	
<i>David AN</i>	60,00 €	
Ejecución de pruebas de regresión	120,00 €	1 día
<i>David AR</i>	30,00 €	
<i>David UX</i>	30,00 €	
<i>David AN</i>	30,00 €	
<i>David WB</i>	30,00 €	
Sprint review	120,00 €	1 día
<i>David AR</i>	30,00 €	
<i>David UX</i>	30,00 €	
<i>David AN</i>	30,00 €	
<i>David WB</i>	30,00 €	
Sprint 3	<b>5.859,91 €</b>	<b>30 días</b>
Sprint 4	<b>1.846,80 €</b>	<b>13 días</b>
<i>David SM</i>	208,00 €	
Especificación de pruebas de regresión para el sprint 4	118,80 €	1 día
<i>David AR</i>	39,60 €	
<i>David AN</i>	39,60 €	
<i>David WB</i>	39,60 €	
Android	<b>840,00 €</b>	<b>7 días</b>
Especificación de pruebas unitarias	120,00 €	1 día
<i>David AN</i>	120,00 €	
Refinamiento de la aplicación	300,00 €	5 días
<i>David AN</i>	300,00 €	
Ejecución de pruebas unitarias	300,00 €	5 días
<i>David AN</i>	300,00 €	
Ejecución de pruebas de regresión	120,00 €	1 día
<i>David AN</i>	120,00 €	



Ejecucion de pruebas de aceptación	680,00 €	5 días
<i>David Del Rey</i>	200,00 €	
<i>David AR</i>	120,00 €	
<i>David UX</i>	120,00 €	
<i>David AN</i>	120,00 €	
<i>David WB</i>	120,00 €	

Tabla 13. Costes por persona y tarea.

Con estos datos podemos estimar el coste del equipo en **22.206,71 €**.

## 4.2.3. Material fungible

En la siguiente tabla se muestra el coste del material de oficina empleado en el desarrollo del proyecto.

Descripción	Unidades	Precio	Total
Cuaderno microperforado A4 90gr	2	4,00€	8,00€
Bolígrafo bic cristal azul	2	0,70€	1,40€
Bolígrafo bic cristal negro	2	0,70€	1,40€
<b>Total</b>			<b>10,80€</b>

Tabla 14. Costes del material fungible.

## 4.2.4. Material electrónico

En este apartado se detallará el coste del material electrónico para la construcción del prototipo.

Descripción	Unidades	Precio	Total
Arduino mega	1	8,00€	8,00€
Shield wifi	1	20,00€	20,00€
DS18B20 sumergible (sonda de temperatura)	1	2,50€	2,50€
Sonda de nivel de líquido	2	1,50€	3,00€
DS3231 (Reloj)	1	3,00€	3,00€
Relé	13	1,80€	23,40€
Tip 141 (transistor)	4	2,00€	8,00€
Cable rojo	6	1,50€	9,00€
Cable negro	6	1,50€	9,00€
Estaño	1	7,00€	7,00€
Disipador de aluminio 120x25cm	1	170,00€	170,00€
Leds 3W	72	0,60€	43,20€
Casquillos	72	0,40€	28,80€
Lentes	72	0,60€	43,20€
Fuente de alimentación 360W	1	16,30€	16,30€
Pegamento térmico	36	1,50€	54€
<b>Total</b>			<b>448,40€</b>

Tabla 15. Coste del material electrónico.

#### 4.2.5. Coste total del proyecto

El coste total del proyecto será de **23.809,46€** distribuido en los siguientes conceptos:

Concepto	Importe
Hardware	106,25€
Software	1039,30€
RRHH	22.206,71€
Material fungible	10,80€
Material electrónico	448,40€
<b>Total</b>	<b>23.811,46€</b>

Tabla 16. Coste total del proyecto.

A este importe, **23.809,46€**, hay que añadirle un 15% de beneficio, un 15% para cubrir posibles riesgos, detallados en el apartado Gestión de riesgos, con lo que el coste del proyecto sin aplicar impuestos sería de **30.954,90€**.

Aplicando el 21% de I.V.A. el coste total del proyecto será de **37.455,43€**.

#### 4.3. Plan de adquisición de recursos

En caso de necesitar adquirir otros recursos debido necesidades no detectadas o a que hayan expirado y es necesario volver a obtenerlos el David SM es el encargado de obtenerlos. Si no han sido obtenidos antes del comienzo del proyecto se obtendrán tras la aprobación del gasto por parte del product owner.

#### 4.4. Plan de aprovisionamiento

Para poder realizar las compras de todos los bienes que necesitamos, el primer paso que debemos realizar es buscar los proveedores, y obtener de ellos información sobre las características, precios y condiciones de venta de sus productos o servicios.

Valora entre otros aspectos valoraremos:

- Precios.
- Plazos de entrega.
- Descuentos.
- Calidades.
- Costes de transporte.
- Seguridad que ofrece.
- Capacidad de negociación de los proveedores, teniendo en cuenta la existencia de proveedores alternativos.

Siempre seleccionaremos el proveedor que mejor se adapte a nuestras exigencias.

## 5. Evaluación y control del proyecto

### 5.1. Plan de gestión de requisitos

En este apartado nos vamos a encargar a obtener los requisitos del sistema. El estándar seguido para la definición de los mismos es el siguiente:

ID

<b>Nombre</b>	
<b>Descripción</b>	
<b>Pruebas asociadas</b>	
<b>Fecha de creación</b>	

Tabla 17. Plantilla de requisito.

La identificación de requisitos se realizará utilizando las iniciales del grupo al que se haga referencia seguido de un guion y dos dígitos.

- CL-xx si el requisito está asociado al sistema de control de la luminaria.
- S-xx si el requisito está asociado a sensores.
- A-xx si el requisito está asociado a actuadores.
- IU-xx si el requisito está asociado a la interfaz de usuario.

El campo nombre identifica de manera resumida al requisito.

El campo descripción detalla la funcionalidad a la que hace referencia el requisito.

Las pruebas asociadas definen las pruebas que debe superar el requisito para considerarse cumplido.

La fecha de creación hace referencia al momento en que el requisito se incluye en el plan de proyecto.

Normalmente a continuación de cada requisito aparecerán las pruebas asociadas al mismo. El estándar seguido para normalizar las pruebas es el siguiente.

<b>Identificador de prueba</b>	
<b>Requisito/s</b>	
<b>Precondición</b>	
<b>Acción</b>	
<b>Postcondición</b>	

Tabla 18. Plantilla de pruebas.

El campo Identificador de prueba está compuesto por la letra P seguida de un guion y dos dígitos que identifican unívocamente cada prueba.

El campo Requisito/s hace referencia al/los requisito/s que se están probando con esta prueba.

En Precondición describimos el estado del sistema requerido para realizar la prueba.

En el campo Acción se describe que hay que realizar para llevar a cabo la prueba.

En el campo Postcondición se describe el estado en el que debe quedar el sistema después de realizar la prueba.

Para facilitar la lectura del documento he utilizado un estilo de color diferente al de los requisitos.

### 5.2. Plan de control de cambios en el alcance

Si consideramos el alcance como una componente de la triple restricción, alcance, tiempo y costes, cualquier cambio en las otras restricciones, tiempo y costes, va a afectar en el alcance, para bien o para mal. No podemos evitar los cambios, pero si controlarlos.

Para detectar cuanto antes los cambios en el alcance se realizarán reuniones diarias al inicio de la jornada laboral para comentar los avances en la tarea realizadas el día anterior y que tiene pensado realizar en el día cada miembro del equipo. También se comentarán qué bloqueos o dificultades se han encontrado para tratar de solventarlas cuanto antes.

Si una vez iniciado el proyecto surgieran cambios en el alcance será el product owner el encargado de decidir aplicar el cambio o no. Si decidiese aplicarlo habría que reajustar la estimación de tiempo y coste.

### 5.3. Plan de control de la planificación

Diariamente el jefe de proyecto / scrum master se encargará de actualizar el estado de las tareas del proyecto para analizar el avance del proyecto.

Para cada sprint se realizará una gráfica que se actualizará diariamente que reflejará el avance del trabajo estimado con respecto al trabajo real.

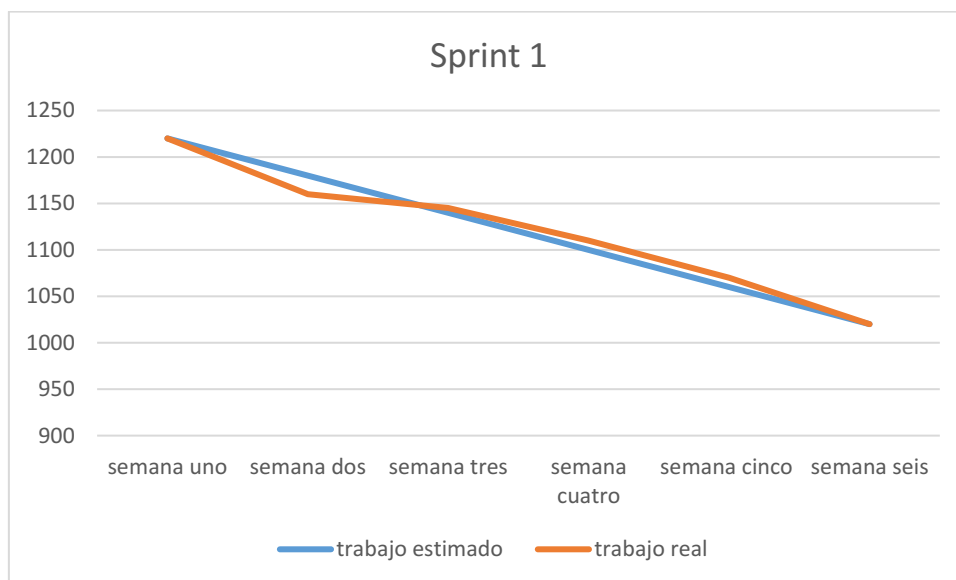


Ilustración 33. Gráfico de trabajo estimado contra trabajo real.

La línea azul representa el tiempo estimado para las tareas del sprint, concretamente en el primer sprint habría un total de 240 horas.

La línea naranja representa el grado avance en las tareas programadas para el sprint, si la línea naranja está por debajo de la azul significa que el trabajo avanza más rápido que la planificación, en caso contrario el trabajo avanzaría más lento que lo planificado.

En caso de detectar retraso con respecto a la planificación original en primer lugar se analizará el problema que ha causado el retraso. Buscando y analizando las tareas que han causado el problema. Para solventar el problema se seguirán los siguientes pasos:

- Incorporar más recursos si es posible a la tarea, Miguel WB tiene asignado tiempo en la planificación para ayudar tanto a Android como a Arduino para la integración de los servicios.
- Cambiar la prioridad de las tareas.
- Tratar de paralelizar tareas que no compartan recursos.
- Aplicar recortes al alcance del sprint o el proyecto, ajustándolo a aquello que estemos en situación de entregar. Agregando la funcionalidad no desarrollada como deuda técnica al siguiente sprint.
- Como último recurso negociaremos la aceptación de la demora en la entrega del proyecto.

Con los detalles de la acción correctiva se debe comunicar al equipo de trabajo y al product owner inmediatamente.

#### 5.4. Plan de control de presupuesto

Al final de cada sprint, en el sprint review, el product owner y el jefe de proyecto / scrum master analizarán los gastos del sprint para comprobar si se está cumpliendo con el presupuesto inicial.

#### 5.5. Gestión de riesgos

A continuación, se enumeran los parámetros utilizados para representar los posibles riesgos:

- Identificador del riesgo: Formado por “Riesgo” seguido de un guion y el número identificativo del riesgo.
- Nombre del riesgo: Nombre del riesgo.
- Origen del riesgo: Procedencia del riesgo (orígenes explicados en la tabla anterior).
- Probabilidad de ocurrencia: Porcentaje de aparición de dichos riesgos.
- Impacto del riesgo: grado de repercusión del riesgo (muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto).
- Descripción: Explicación detallada del riesgo a tratar.
- Consecuencias: Explicación de los efectos que produciría dicho riesgo.

##### 5.5.1. Identificación de riesgos

Los riesgos identificados en el proyecto son los siguientes.

5.5.1.1. *Riesgos de personal***Riesgo P-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Mala comunicación con el product owner
<b>Origen del riesgo</b>	Personal
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	20%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Falta de entendimiento por alguna de las dos partes. Sin embargo, el product owner trabaja día a día con el equipo de desarrollo.
<b>Consecuencias</b>	Productos finales e intermedios que no se adaptan a lo que realmente quiere del product owner. A pesar de que el Plan de Gestión de Configuración se cumpla.

Tabla 19. Riesgo P-01, comunicación con el product owner.

**Riesgo P-02**

<b>Nombre del riesgo</b>	Coordinación
<b>Origen del riesgo</b>	Personal
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	20%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Al ser un equipo nuevo que se enfrenta a su primer proyecto puede derivar en una mala coordinación entre miembros que no han trabajado nunca juntos.
<b>Consecuencias</b>	Fases incompletas y partes del proyecto más adelantadas que otras que llevan a no que algunos integrantes no puedan avanzar.

Tabla 20. Riesgo P-02, coordinación.

**Riesgo P-03**

<b>Nombre del riesgo</b>	Baja temporal
<b>Origen del riesgo</b>	Personal
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	30%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Es la falta de un empleado por enfermedad o lesión. Duración limitada.
<b>Consecuencias</b>	Alteración de la planificación. Mayor trabajo para el resto del equipo. Cambios en el alcance

Tabla 21. Riesgo P-03, baja temporal.

**Riesgo P-049**

<b>Nombre del riesgo</b>	Baja permanente
<b>Origen del riesgo</b>	Personal
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	10%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Es la falta de un empleado por despido, jubilación o fallecimiento. Duración ilimitada.
<b>Consecuencias</b>	Alteración de la planificación. Y mayor trabajo para el resto del equipo. Incorporación de un miembro nuevo al equipo.

Tabla 22. Riesgo P-04, baja permanente.

5.5.1.2. *Riesgos tecnológicos***Riesgo T-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Virus y otras amenazas
<b>Origen del riesgo</b>	Tecnológico
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	15%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Virus, spyware y otras amenazas que infecten nuestros equipos y exijan un reseteo de los mismos.
<b>Consecuencias</b>	Daños graves en los equipos informáticos.

Tabla 23. Riesgo T-01, virus y otras amenazas.

**Riesgo T-02**

<b>Nombre del riesgo</b>	Ataque Hacker.
<b>Origen del riesgo</b>	Tecnológico
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	9%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Ataque a través de Internet por parte de un hacker cuyo objetivo pueda ser robo de información o manipulación de un cliente.
<b>Consecuencias</b>	Daños graves en el proyecto. Se pueden introducir manipulaciones que nos resulten imperceptibles al haber sido aprobadas con anterioridad.

Tabla 24. Riesgo T-02, Ataque hacker.



**Riesgo T-03**

<b>Nombre del riesgo</b>	Caída de la conexión a internet.
<b>Origen del riesgo</b>	Tecnológico
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	4%
<b>Impacto del riesgo</b>	Muy bajo
<b>Descripción</b>	La conexión a internet existente desaparece. Esto se produce por avería de alguno de los nodos de la red del proveedor.
<b>Consecuencias</b>	Mientras dure la caída los miembros del equipo solo podrán trabajar con los datos del ordenador. Si se alargara en el tiempo de esta avería se producirían retrasos en los plazos de entrega y retrasos en el plan de proyecto.

Tabla 25. Riesgo T-03, caída de la conexión a internet.

**Riesgo T-04**

<b>Nombre del riesgo</b>	Caída de los servidores (Thinger.io)
<b>Origen del riesgo</b>	Tecnológico
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	20%
<b>Impacto del riesgo</b>	Muy bajo
<b>Descripción</b>	Caída de la plataforma thinger.io.
<b>Consecuencias</b>	Si la caída es prolongada se pueden llegar a dar retrasos en los plazos y alteración del plan de proyecto, así como retrasos en las entregas

Tabla 26. Riesgo T-04, caída de los servidores.

## 5.5.1.3. Riesgos naturales

**Riesgo N-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Inundación
<b>Origen del riesgo</b>	Natural
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	0,5%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Una inundación puede ser producida por unas lluvias torrenciales, rotura de cañerías debido a la antigüedad del edificio...
<b>Consecuencias</b>	Daños graves en los equipos informáticos. En ocasiones daños humanos.

Tabla 27. Riesgo T-04, inundación.

**Riesgo N-02**

<b>Nombre del riesgo</b>	Subida de tensión
<b>Origen del riesgo</b>	Externo
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	5%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	En ocasiones la empresa suministradora de energía eléctrica puede sufrir anomalías que suban la tensión eléctrica y provocar daños.
<b>Consecuencias</b>	Daños definitivos en los equipos.

Tabla 28. Riesgo N-02, subida de tensión.

**Riesgo N-03**

<b>Nombre del riesgo</b>	Incendio
<b>Origen del riesgo</b>	Natural
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	2%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Un incendio puede ser provocado como consecuencia de un cortocircuito debido a la antigüedad de la instalación eléctrica, un descuido humano o de forma intencionada por un empleado descontento o alguien de la competencia.
<b>Consecuencias</b>	Destrucción de la zona de trabajo. En ocasiones daños humanos.

Tabla 29. Riesgo N-03, incendio.

**Riesgo N-04**

<b>Nombre del riesgo</b>	Derrumbe parcial del edificio
<b>Origen del riesgo</b>	Natural
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	0.25%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Por causa accidental puede ocurrir un derrumbamiento en el edificio.
<b>Consecuencias</b>	Daños graves en los equipos informáticos y en las personas pueden llegar incluso a pérdidas humanas.

Tabla 30. Riesgo N-04, derrumbe parcial del edificio.

**Riesgo N-05**

<b>Nombre del riesgo</b>	Terremoto
<b>Origen del riesgo</b>	Natural
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	0.1%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Movimiento brusco de la tierra causado por el rozamiento de placas tectónicas. En Madrid no son muy comunes ni intensos.
<b>Consecuencias</b>	Daños graves de la zona de trabajo. En ocasiones daños humanos.

Tabla 31. Requisito N-05, terremoto.

**Riesgo N-06**

<b>Nombre del riesgo</b>	Plagas
<b>Origen del riesgo</b>	Natural
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	2%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Plagas de insectos
<b>Consecuencias</b>	Pueden ocasionar malestar en los integrantes durante las horas de trabajo, así como daños en los equipos informáticos.

Tabla 32. Riesgo N-06, plagas.

## 5.5.1.4. Riesgos externos

**Riesgo E-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Robo
<b>Origen del riesgo</b>	Externo
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	10%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Robo de todo el material del proyecto.
<b>Consecuencias</b>	Puede ocasionar graves retrasos en los plazos establecidos para culminar cada una de las fases.

Tabla 33. Riesgo E-01, robo.

**Riesgo E-02**

<b>Nombre del riesgo</b>	Integración con el resto de módulos
<b>Origen del riesgo</b>	Externo
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	35%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Ocurrencia de problemas derivados de un mal diseño durante la integración de nuestro desarrollo en el sistema completo.
<b>Consecuencias</b>	Retraso en la entrega final del producto. Daño de imagen profesional muy grave.

Tabla 34. Riesgo E-02, integración.

## 5.5.1.5. Riesgos internos

## Riesgo I-01

<b>Nombre del riesgo</b>	Mala planificación de proyecto
<b>Origen del riesgo</b>	Interno
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	20%
<b>Impacto del riesgo</b>	Moderado
<b>Descripción</b>	Debido a la inexperiencia del equipo puede llevar a mala planificación de tiempo y trabajo.
<b>Consecuencias</b>	Provoca retrasos en entregas y sobreesfuerzo de los empleados.

Tabla 35. Riesgo I-01, mala planificación.

## Riesgo I-02

<b>Nombre del riesgo</b>	Error en la definición de requisitos
<b>Origen del riesgo</b>	Interno
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	25%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Error en la definición de requisitos por una mala comunicación.
<b>Consecuencias</b>	Alteración de la planificación inicial, retraso en las entregas y elaboración de productos que no se ajusten a las expectativas del product owner.

Tabla 36. Riesgo I-02, error en la definición de requisitos.

## Riesgo I-03

<b>Nombre del riesgo</b>	Entorno tecnológico nuevo
<b>Origen del riesgo</b>	Interno
<b>Probabilidad de ocurrencia</b>	40%
<b>Impacto del riesgo</b>	Alto
<b>Descripción</b>	Error en el diseño de las funcionalidades por falta de experiencia en la plataforma. Error en la estimación de las tareas.
<b>Consecuencias</b>	Alteración de la planificación inicial, retraso en las entregas. Aumento del coste del proyecto debido al retraso

Tabla 37. Riesgo I-03, entorno tecnológico nuevo.

El análisis cualitativo estima, para cada uno de los riesgos anteriores, el impacto y la probabilidad de aparecer. Con esta clasificación conseguimos saber si un riesgo requiere una respuesta inmediata o, por el contrario, se le puede conceder más prioridad a arreglar otros riesgos. En resumen, la siguiente tabla muestra qué impactos afectan a qué partes del proyecto y su gravedad:

Impacto	Muy bajo	Bajo	Moderado	Alto	Muy Alto
<b>Objetivos</b>					
<b>Coste</b>	Cambio en el coste inapreciable (<5%)	Aumento del coste entre el 5% y el 35% del margen de riesgos.	Incremento de costes entre el 35% y el 65%.	Incremento de costes igual al margen de riesgos.	<b>El coste supera el margen del presupuesto destinado a los riesgos.</b>
<b>Calendario</b>	La planificación no cambiará.	Pequeño retraso en la entrega (no mayor a tres días).	El retraso será moderado (de al menos una semana completa).	El proyecto se verá retrasado 2 semanas al menos.	<b>El proyecto debe volver a planificarse (un mes o más).</b>
<b>Alcance</b>	No afecta al alcance del proyecto.	Las partes del proyecto que se ven afectadas son secundarias.	Las partes del proyecto que se ven afectadas son secundarias.	La mayoría de las partes principales del proyecto son afectadas.	<b>Proyecto descartado por el cliente.</b>
<b>Calidad</b>	La calidad del producto no se verá afectada.	Algunas partes del producto verán alterada su calidad.	El product owner da el visto bueno, aunque no cuente con la calidad total.	El product owner no acepta la reducción de calidad.	La calidad no es aceptada por el product owner.

Tabla 38. Análisis cuantitativo de riesgos.

#### 5.5.1.6. Análisis cuantitativo

En este punto se analizarán los riesgos descritos asociando un valor numérico a cada uno de los grados de impacto, con el fin de facilitar el entendimiento y el impacto frente a la probabilidad de cada riesgo.

Asociación de valores a los grados de impacto:

- Muy bajo: 2
- Bajo: 4
- Moderado: 6
- Alto: 10
- Muy alto: 15

A continuación, realizaremos un cálculo para conseguir un factor de riesgo. Este factor de riesgo se calcula multiplicando el valor de los grados de impacto por el porcentaje de ocurrencia de los mismos. Esto se realizará para cada uno de los riesgos descritos anteriormente. Este factor será el dato que usaremos para cuantificar los riesgos.

Riesgo	Probabilidad	Impacto	Factor de riesgo
Riesgo-P-01	0.2	6	1.2
Riesgo-P-02	0.5	10	5
Riesgo-P-03	0.3	6	1.8
Riesgo-P-04	0.1	10	1
Riesgo-T-01	0.15	6	0.90
Riesgo-T-02	0.09	15	1.35
Riesgo-T-03	0.04	2	0.08
Riesgo-T-04	0.2	4	0.8
Riesgo-N-01	0.005	6	0.03
Riesgo-N-02	0.05	6	0.3
Riesgo-N-03	0.02	6	0.12
Riesgo-N-04	0.001	6	0.006
Riesgo-N-05	0.0025	10	0.025
Riesgo-N-06	0.02	6	0.12
Riesgo-E-01	0.1	10	1
Riesgo-I-01	0.2	6	1.2
Riesgo-I-02	0.25	10	2.5

Tabla 39. Factor de riesgo.

## 5.5.2. Prevención de Riesgos y Elaboración del Plan de Contingencia

### 5.5.2.1. Riesgos de personal

#### Riesgo P-01

Nombre del riesgo	Mala comunicación con el product owner
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tener una actitud cercana con el product owner.</li> </ul>
Plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ajustar las tareas a la planificación, en caso de detectar desviaciones comunicar inmediatamente al product owner</li> <li>Implicar al product owner en todos los procesos y decisiones.</li> </ul>

Tabla 40. Prevención del riesgo P-01.

#### Riesgo P-02

Nombre del riesgo	Escasa coordinación
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comunicación continua entre todos los integrantes del equipo.</li> <li>Actualizar diariamente la información de las tareas en Taiga.</li> </ul>

<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Versatilidad del equipo, un integrante en un momento dado puede ayudar a otro a terminar una parte.</li> <li>• Reorganización de tareas para el siguiente sprint.</li> </ul>
-----------------------------	---

Tabla 41. Prevención del riesgo P-02.

**Riesgo P-03**

<b>Nombre del riesgo</b>	Baja temporal
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al acabar el día realizar una copia de seguridad.</li> <li>• Seguir la metodología de trabajo.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reasignar las tareas de las personas ausentes e incentivar a la gente por su sobreesfuerzo.</li> <li>• Si la baja es prolongada, realizar una asignación de tareas equitativa para compensar la baja.</li> <li>• Asignar un nuevo miembro al equipo.</li> </ul>

Tabla 42. Prevención del riesgo P-3.

**Riesgo P-04**

<b>Nombre del riesgo</b>	Baja permanente
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al acabar el día realizar una copia de seguridad.</li> <li>• Seguir la metodología de trabajo.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar a una persona que remplace el cargo de la persona ausente.</li> </ul>

Tabla 43. Prevención del riesgo P-04.

## 5.5.2.2. Riesgos tecnológicos

**Riesgo T-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Virus y otras amenazas
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de un antivirus potente (Panda).</li> <li>• Evitar páginas sin certificados digitales o certificados dudosos.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Labores de restablecimiento del sistema, empleando el antivirus y otras herramientas.</li> <li>• En último caso, se procederá al formateo del ordenador.</li> </ul>

Tabla 44. Prevención del riesgo T-01.

**Riesgo T-02**

<b>Nombre del riesgo</b>	Ataque Hacker
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de cortafuegos y antispyware.</li> <li>• Encriptado de información más relevante del proyecto.</li> <li>• Empleo de almacenamiento externo para el almacenamiento de información crítica.</li> <li>• Concienciar a los miembros del equipo de la importancia de la seguridad.</li> <li>• Usar una política de contraseñas seguras.</li> <li>• Cambio de contraseñas cada mes.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de contraseñas y encriptación.</li> </ul>

Tabla 45. Prevención del riesgo T-02.

**Riesgo-T-03**

<b>Nombre del riesgo</b>	Caída de la conexión a internet
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratar una red de calidad para empresas.</li> <li>• Tener un buen servicio técnico.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener un router auxiliar.</li> <li>• Llamar al servicio técnico.</li> </ul>

Tabla 46. Prevención del riesgo T-03.

**Riesgo-T-04**

<b>Nombre del riesgo</b>	Caída de los servidores
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de congestión que evite saturación.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contactar con el administrador del servidor para restablecer la conexión.</li> <li>• Tener un back up en servidor externo.</li> </ul>

Tabla 47. Prevención del riesgo T-04.



## 5.5.2.3. Riesgos naturales

**Riesgo N-01**

Nombre del riesgo	Inundación
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento en buen estado del sistema de desagüe.</li> <li>• Impermeabilizar lo máximo posible los equipos informáticos.</li> </ul>
Plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos dañados.</li> </ul>

Tabla 48. Prevención del riesgo N-01.

**Riesgo N-02**

Nombre del riesgo	Subida de tensión
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenar en back ups externos la información para evitar la pérdida de información por equipos dañados.</li> </ul>
Plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos dañados.</li> </ul>

Tabla 49. Prevención del riesgo N-02.

**Riesgo N-04**

Nombre del riesgo	Incendio
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planificar simulacros de incendios cada seis meses.</li> <li>• Formar a los miembros del equipo en extinción de incendios.</li> <li>• Presencia de extintores y otros medios de extinción de incendios en el edificio.</li> </ul>
Plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos dañados.</li> <li>• Inventario de daños generados.</li> </ul>

Tabla 50. Prevención del riesgo N-04.

**Riesgo N-05**

Nombre del riesgo	Terremoto
Prevención de riesgos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar los equipos informáticos para que no queden sueltos y puedan caer.</li> </ul>
Plan de recuperación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos dañados.</li> <li>• Inventario de daños generados.</li> </ul>

Tabla 51. Prevención del riesgo N-05.

**Riesgo N-06**

<b>Nombre del riesgo</b>	Derrumbe parcial del edificio
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evitar sobrecargar la estructura.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos dañados.</li> <li>• Inventario de daños generados.</li> <li>• Reclamación de indemnizaciones.</li> </ul>

Tabla 52. Prevención del riesgo N-06.

**Riesgo-N-07**

<b>Nombre del riesgo</b>	Plagas
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emplear productos que prevengan el establecimiento de insectos.</li> <li>• Evitar comer en el entorno de trabajo.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empleo de productos insecticidas.</li> <li>• Llamar al servicio de fumigación o control de plagas.</li> </ul>

Tabla 53. Prevención del riesgo N-07.

## 5.5.2.4. Riesgos externos

**Riesgo-E-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Robo
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de contraseñas y otras medidas de seguridad para evitar el hurto.</li> <li>• Tener back ups para evitar la pérdida de información.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reposición de equipos robados.</li> <li>• Cambios de contraseña y otras medidas de encriptado.</li> </ul>

Tabla 54. Prevención del riesgo E-01.

## 5.5.2.5. Riesgos internos

**Riesgo I-01**

<b>Nombre del riesgo</b>	Mala planificación de proyecto
<b>Prevención de riesgos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actualizar diariamente la plataforma taiga con el avance del trabajo realizado.</li> <li>• Fomentar la responsabilidad y la autogestión en los miembros del equipo.</li> </ul>
<b>Plan de recuperación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicar al product owner el cambio en el alcance de un sprint.</li> <li>• Consensuar la deuda técnica.</li> </ul>

Tabla 55. Prevención del riesgo I-01.

**Riesgo I-02**

Nombre del riesgo	del	Error en la definición de requisitos
Prevención de riesgos	de	<ul style="list-style-type: none"> <li>Incluir desde el principio del proyecto al product owner.</li> </ul>
Plan de recuperación	de	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intentar cumplir los plazos de entrega, si no es posible consensuar la deuda técnica con el product owner.</li> </ul>

Tabla 56. Prevención del riesgo I-02.

**5.5.3. Monitorización y control de riesgos**

La monitorización y control de riesgos se llevará a cabo durante el sprint review, al finalizar cada sprint.

Se estudiará el impacto de los riesgos actuales, el coste de dichos riesgos y la posibilidad de añadir y eliminar riesgos ya que a lo largo de proyecto pueden aparecer nuevos riesgos, así como eliminarse riesgos antiguos.

- Todos los miembros del proyecto deberán estar al tanto de los riesgos que pueden existir, así como las formas de prevenirlos y qué hacer en caso de detectarse un riesgo, lo cuál ha sido establecido en los apartados anteriores.
- Se deberá cumplir con lo propuesto en el apartado “Monitorización y Control de Riesgos” para poder comprobar que lo establecido en el punto anterior se esté cumpliendo.

**5.6. Plan de aseguramiento de la calidad**

Para garantizar el cumplimiento del plan de calidad que se va a establecer, todos los miembros del equipo, se asegurarán de que se cumplen las siguientes características generales definidas como estándar de calidad.

- Fiabilidad
  - Se debe diseñar un sistema que no deje lugar a posibles fallos a causa del diseño.
- Eficacia
  - El diseño deberá tener en cuenta que se espera que el sistema responda rápidamente a las peticiones del usuario. Concretamente buscaremos que se respondan las peticiones del usuario en menos de 5 segundos.
- Consistencia y simplicidad
  - El diseño propuesto deberá evitar inconsistencias y/o redundancias, además de obviamente posibles ambigüedades.

El lenguaje utilizado debe ser fácilmente comprensible para facilitar la futura tarea de implementación a la persona encargada de ello.

**5.6.1. Especificación detallada del plan de aseguramiento de la calidad**

En los puntos sucesivos del documento se expondrán las tareas detalladas que se van a realizar en el cumplimiento del Plan de Aseguramiento de Calidad para comprobar que la totalidad del proyecto cumple los criterios de calidad necesarios y que se han estimado como indispensables para la realización del proyecto de forma correcta.

El responsable de realizar las revisiones y aceptar la validez de los productos será el product owner. El product owner puede apoyarse en el equipo de trabajo para realizar las revisiones o resolver sus dudas.

En los siguientes puntos del documento se detallan las revisiones específicas que se tendrán que realizar en el cumplimiento del Plan de Aseguramiento de Calidad.

#### 5.6.1.1. Revisión del análisis de consistencia

##### Revisión del catálogo de requisitos

El product owner confirmará que los requisitos se han especificado de forma estructurada, con un contenido preciso y completo tal y como se había establecido en el Plan de Aseguramiento de la Calidad. David SM se asegurará de que el catálogo ofrece las siguientes características:

- Identificación de absolutamente todos los requisitos de usuario.
- Coherencia entre el contenido de los requisitos y su objetivo.
- Cada requisito describe la funcionalidad que le corresponde.
- Correspondencia entre los requisitos y los requisitos obtenidos del product owner, por lo que el catálogo de requisitos es completo.
- Descripción de los requisitos en un lenguaje claro, sin ambigüedades y, por tanto, preciso.
- El catálogo de requisitos es auto descriptivo, ya que se describe su estructura y contenido.

#### 5.6.1.2. Revisión del plan de pruebas

Se deberá realizar la revisión del Plan de Pruebas, para ello deberá realizar lo siguiente:

- Se debe comprobar que existe una normativa para la realización de las pruebas de forma que sea posible comprobar que dichas pruebas se han realizado, además de indicar la forma de actuar en caso de obtener diferencias entre el resultado esperado y el obtenido.
- Se debe realizar una matriz de trazabilidad para comprobar que existen pruebas para comprobar todos los requisitos de software.

#### 5.6.1.3. Revisión de la verificación de la arquitectura del sistema

##### Revisión de la consistencia entre productos de diseño

El responsable de calidad deberá realizar la revisión de la consistencia entre Productos del Diseño. Para ello se seguirán las pautas establecidas por ISO 9126. Esto implica:

- Funcionalidad: la capacidad del software de proveer las funciones que cumplen con las necesidades implícitas y explícitas cuando el mismo es utilizado bajo ciertas condiciones.
- Fiabilidad: la capacidad del software de mantener un nivel específico de rendimiento bajo determinadas condiciones de uso.
- Usabilidad: la capacidad del producto software de ser entendido, aprendido, usado y atractivo al usuario, cuando se usa bajo ciertas condiciones.
- Eficiencia: la capacidad del software de ofrecer el rendimiento apropiado con respecto a la cantidad de recursos utilizados, bajo condiciones prefijadas.

- **Mantenibilidad:** la capacidad del producto de ser modificado. Dichas modificaciones pueden incluir correcciones, mejoras o adaptaciones a cambios en el entorno y en los requisitos y especificaciones funcionales.

Los aspectos a revisar del análisis de los subsistemas de diseño son:

- **Funcionalidad:** se comprueba que los requisitos fueron tomados con exactitud y si ha surgido alguna modificación de última hora. La comprobación se lleva a cabo revisando el documento de requisitos aprobado por el product owner.
- **Fiabilidad:** se comprueba que cada componente refleja la funcionalidad que le corresponde según los requisitos que cubre.
- **Usabilidad:** se comprobará en un focus-group si las funcionalidades se han implementado de manera atractiva y si todas son accesibles.

#### 5.6.1.4. Revisión de la especificación técnica del plan de pruebas.

Se comprobará que se han establecido verificaciones en el plan de pruebas para cada requisito, además las pruebas de aceptación con las que se verifica si se cumple lo solicitado. Para ello se deberá crear una matriz de trazabilidad con las pruebas y los requisitos para comprobar que todos los requisitos están correctamente probados.

### 5.7. Plan de cierre del proyecto

El veredicto sobre si el producto ha cumplido el alcance debe ser emitido por el product owner. Para iniciar el proceso de cierre el primer paso es asegurarse de que hemos completado las funcionalidades descritas por los requisitos y se han superado todas las pruebas. Puede ocurrir que esta aceptación sea parcial, o que incluya una lista de puntos abiertos. En este caso antes de continuar con el proceso deberemos cerrar estos puntos y obtener la aceptación definitiva.

Una vez recibida la aceptación formal del producto, se puede iniciar el proceso de producción y comercialización.

La documentación generada deberá quedar almacenada, respetando los acuerdos de confidencialidad si los hubiera, como base sobre la que trabajar en futuras versiones y actualizaciones del producto.

## 6. Análisis

### 6.1. Introducción

En este apartado se van a detallar las funcionalidades que requiere el sistema.

### 6.2. Objetivos y restricciones

#### 6.2.1. Objetivo

El objetivo del análisis es obtener una descripción detallada del sistema, puesto que será la base en la que nos apoyemos para desarrollar el prototipo. En este punto se identificarán los distintos obstáculos que se deben resolver para obtener el producto final.

#### 6.2.2. Restricciones

A continuación, se enumerarán las restricciones generales del proyecto. Estas restricciones están divididas en subapartados para facilitar la lectura:

- Restricciones de seguridad física.
  - El producto operará en un entorno húmedo con posibles accidentes de inmersión total o parcial en agua, normalmente salada. Por lo tanto, el producto tendrá una protección IP68 según la normativa internacional CEI 60529.
- Restricciones de seguridad de la información.
  - La comunicación entre Arduino y la plataforma thinger.io se realizará a través de protocolo TLS 1.0.
  - La comunicación entre thinger.io y la aplicación Android se realizará a través de protocolo TLS 1.0.
  - Cada unidad del producto tendrá una clave única de 12 caracteres generada aleatoriamente para autenticar el dispositivo en la plataforma thinger.io.
- Restricciones de eficiencia
  - Con el fin de evitar la histéresis en los aparatos controlados por Arduino se manejarán rangos para el apagado o encendido de los mismos. Estos rangos no serán modificables por el usuario.
- Restricciones de usuario.
  - La aplicación se desarrollará para el sistema operativo Android, concretamente para la versión 6.0 y posteriores.

### 6.3. Requisitos

#### 6.3.1. Requisitos funcionales

##### 6.3.1.1. Control de la luminaria

ID	CL-01
<b>Nombre</b>	Encendido y apagado de canales manualmente
<b>Descripción</b>	<p>El usuario dispondrá de 3 botones para encender o apagar los 3 canales de iluminación manualmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El canal uno accionara la luz blanca.</li> <li>• El canal dos accionara la luz azul.</li> <li>• El canal tres accionara la luz roja.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 57. Requisito CL-01.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-01</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal uno, luz blanca, está apagado.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal uno
<b>Postcondición</b>	El canal uno pasa a estar encendido

Tabla 58. Prueba P-01, encendido del canal uno.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-02</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal uno, luz blanca, está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal uno.
<b>Postcondición</b>	El canal uno pasa a estar apagado.

Tabla 59. Prueba P-02, apagado del canal uno.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-03</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal dos, luz azul, está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal dos.
<b>Postcondición</b>	El canal dos pasa a estar apagado.

Tabla 60. Prueba P-03, encendido del canal dos.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-04</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal dos, luz azul, está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal dos.
<b>Postcondición</b>	El canal dos pasa a estar apagado.

Tabla 61. Prueba P-04, apagado del canal dos.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-05</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal tres, luz roja, está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal tres.
<b>Postcondición</b>	El canal tres pasa a estar apagado.

Tabla 62. Prueba P-05, encendido del canal tres.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-06</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-01, CL-02
<b>Precondición</b>	EL canal tres, luz roja, está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el interruptor del canal tres.
<b>Postcondición</b>	El canal tres pasa a estar apagado.

Tabla 63. Prueba P-06, apagado del canal tres.

<b>ID</b>	<b>CL-02</b>
<b>Nombre</b>	Encendido y apagado de canales desde la aplicación
<b>Descripción</b>	<p>El usuario podrá encender o apagar los 3 canales de iluminación desde la GUI.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El canal uno accionara la luz blanca.</li> <li>• El canal dos accionara la luz azul.</li> <li>• El canal tres accionara la luz roja.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-01, P-02, P-03, P-04, P-05, P-06
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 64. Requisito CL-02.



<b>ID</b>	<b>CL-03</b>
<b>Nombre</b>	Seleccionar estado de iluminación
<b>Descripción</b>	El usuario podrá seleccionar el modo de iluminación entre los siguientes: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apagado.</li> <li>• Día soleado. Tabla 77. Requisito CL-09.</li> <li>• Nublado. Tabla 77. Requisito CL-09.</li> <li>• Tormenta. Tabla 77. Requisito CL-09.</li> <li>• Amanecer. Tabla 73. Requisito CL-07.</li> <li>• Anochecer. Tabla 75. Requisito CL-08.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-17, P-18, P-19, P-20, P-21, P-11, P-12
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 65. Requisito CL-03.

<b>ID</b>	<b>CL-04</b>
<b>Nombre</b>	Activación del sistema de refrigeración
<b>Descripción</b>	El sistema de refrigeración de la luminaria se activará si la temperatura de la misma sobrepasa los 40°C. Concretamente se activará a los 40°C y parará a los 37°C.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-13, P-14
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 66. Requisito CL-04.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-13</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-04
<b>Precondición</b>	La luminaria se encuentra encendida a intensidad máxima. La estructura aún no ha alcanzado 40°C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ hasta que la estructura alcanza los 40°C.
<b>Postcondición</b>	Se encienden los ventiladores de refrigeración de la luminaria.

Tabla 67. Prueba P-13, encendido del sistema de refrigeración de la luminaria.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-14</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-04
<b>Precondición</b>	El sistema de refrigeración de la luminaria éste encendido.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ hasta que la estructura alcanza los 37°C.
<b>Postcondición</b>	Se apagan los ventiladores de refrigeración de la luminaria.

Tabla 68. Prueba P-14, apagado del sistema de refrigeración de la luminaria.

<b>ID</b>	<b>CL-05</b>
<b>Nombre</b>	Hora de encendido
<b>Descripción</b>	El sistema permitirá al usuario indicar la hora a la que se realizará el encendido de la luminaria.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-15
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 69. Requisito CL-05.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-15</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-05
<b>Precondición</b>	La luminaria está apagada. Se ha configurado las 10:00 como hora de encendido.
<b>Acción</b>	Esperar hasta las 10:00.
<b>Postcondición</b>	La luminaria está encendida.

Tabla 70. Prueba P-15, encendido automático de la luminaria.

<b>ID</b>	<b>CL-06</b>
<b>Nombre</b>	Hora de apagado
<b>Descripción</b>	El sistema permitirá al usuario indicar la hora a la que se realizará el apagado de la luminaria.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-16
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 71. Requisito CL-06.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-16</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-06
<b>Precondición</b>	La luminaria está encendida. Se ha configurado las 17:00 como hora de apagado.
<b>Acción</b>	Esperar hasta las 17:00.
<b>Postcondición</b>	La luminaria está apagada.

Tabla 72. Prueba P-17, apagado automático de la luminaria.

<b>ID</b>	<b>CL-07</b>
<b>Nombre</b>	Amanecer
<b>Descripción</b>	<p>El sistema permitirá al usuario simular el amanecer durante un periodo de 30 minutos. La secuencia para realizar la simulación será la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En los 10 primeros minutos se encenderán los leds rojos, empezando al 20% de intensidad y aumentando un 8% cada minuto.</li> <li>• De los 10 a los 20 minutos se encenderán los leds blancos, empezando al 20% de intensidad y aumentando un 8% cada minuto.</li> <li>• En los últimos 10 minutos se encenderán los leds azules, empezando al 20% de intensidad y aumentando un 8% cada minuto.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-17
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 73. Requisito CL-07.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-17</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-07
<b>Precondición</b>	La luminaria está apagada. Se ha configurado las 10:00 horas como hora de apagado y se ha activado la opción de amanecer.
<b>Acción</b>	Esperar hasta las 10:00.
<b>Postcondición</b>	Desde las 10:00 hasta las 10:05 se encenderán el canal tres, luz roja, progresivamente. Posteriormente, desde las 10:05 hasta las 10:10 se encenderá el canal uno, luz blanca, progresivamente. Finalmente, de 10:10 hasta las 10:15 se encenderá el canal dos, luz azul, progresivamente.

Tabla 74. Prueba P-17, efecto amanecer.

<b>ID</b>	<b>CL-08</b>
<b>Nombre</b>	Anocheceer
<b>Descripción</b>	<p>El sistema permitirá al usuario simular el anocheceer durante un periodo de 30 minutos. La secuencia para realizar la simulación será la siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En los 10 primeros minutos se apagarán los leds azules, empezando al 100% de intensidad y disminuyendo un 10% cada minuto.</li> <li>• De los 10 a los 20 minutos se apagarán los leds blancos, empezando al 100% de intensidad y disminuyendo un 10% cada minuto.</li> <li>• En los últimos 10 minutos se apagarán los leds rojos, empezando al 100% de intensidad y disminuyendo un 10% cada minuto.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-18
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 75. Requisito CL-08.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-18</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-08
<b>Precondición</b>	La luminaria está encendida. Se ha configurado las 17:00 horas como hora de apagado y se ha activado la opción de anocheceer.
<b>Acción</b>	Esperar hasta las 17:00.
<b>Postcondición</b>	Desde las 17:00 hasta las 17:05 se apagará el canal dos, luz azul, progresivamente. Posteriormente, desde las 17:05 hasta las 17:10 se apagará el canal uno, luz blanca, progresivamente. Finalmente, de 17:10 hasta las 17:15 se apagará el canal dos, luz azul, progresivamente.

Tabla 76. Prueba P-18, efecto anocheceer.

<b>ID</b>	<b>CL-09</b>
<b>Nombre</b>	Modelos de iluminación predefinidos
<b>Descripción</b>	<p>El sistema permitirá al usuario seleccionar entre 3 modelos de iluminación predefinidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Día soleado: en este modo se mantendrán los leds a máxima intensidad</li> <li>• Día nublado: en este modo se mantendrán los leds al 50% de su intensidad máxima.</li> <li>• Día tormentoso: en este modo se mantendrán los leds blancos al 50% de su intensidad máxima, los leds rojos al 30% y se producirán ráfagas de 5 segundos de los leds azules cada x minutos, siendo x un número aleatorio entre 5 y 30 minutos.</li> <li>• Apagado: en este estado se mantendrán los leds apagados.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas</b>	P-19, P-20, P-21, P22
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 77. Requisito CL-09.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-19</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-09
<b>Precondición</b>	La luminaria está encendida y configurada en modo día soleado. Está configurado la hora de encendido a las 10:00 y la de apagado a las 12:00.
<b>Acción</b>	Instalar un luxómetro a 40 cm de la luminaria.
<b>Postcondición</b>	La intensidad de la luz a 40 cm no ha variado durante el tiempo de la prueba y coincide con el valor máximo entregado por los leds.

Tabla 78. Prueba P-19, día soleado.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-20</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-09
<b>Precondición</b>	La luminaria está encendida y configurada en modo día nublado. Está configurado la hora de encendido a las 10:00 y la de apagado a las 12:00.
<b>Acción</b>	Instalar un luxómetro a 40 cm de la luminaria.
<b>Postcondición</b>	La intensidad de la luz a 40 cm no ha variado durante el tiempo de la prueba y coincide con la mitad del valor máximo entregado por los leds.

Tabla 79. Prueba P-20, día nublado.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-21</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-09
<b>Precondición</b>	La luminaria está encendida y configurada en modo día tormentoso. Está configurado la hora de encendido a las 10:00 y la de apagado a las 12:00.
<b>Acción</b>	Instalar un luxómetro a 40 cm de la luminaria.
<b>Postcondición</b>	La intensidad de la luz a 40 cm no ha variado durante el tiempo de la prueba y se han producido entre 4 y 24 ráfagas de iluminación azul.

Tabla 80. Prueba P-21, día tormentoso.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-22</b>
<b>Requisito/s</b>	CL-09
<b>Precondición</b>	La luminaria esta en modo apagado.
<b>Acción</b>	Instalar un luxómetro a 40 cm de la luminaria.
<b>Postcondición</b>	La intensidad de la luz a 40 cm es menor de 300 lux (este límite se corresponderá, estando la medición con la luminaria apagada, con la iluminación habitual de la habitación donde se realice la prueba)

Tabla 81. Prueba P-22, luminaria apagada.

## 6.3.1.2. Sensores

<b>ID</b>	<b>S-01</b>
<b>Nombre</b>	Temperatura
<b>Descripción</b>	El usuario podrá saber la temperatura actual del agua desde la GUI.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-23
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 82. Requisito S-01.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-23</b>
<b>Requisito/s</b>	S-01
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 25°C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que en la pantalla de control de la temperatura es la misma que la que marca el termómetro con el mismo rango de error, $\pm 2\%$ .

Tabla 83. Prueba P-22, temperatura del agua.

<b>ID</b>	<b>S-03</b>
<b>Nombre</b>	Activación de los ventiladores de evaporación.
<b>Descripción</b>	Si la temperatura del agua del tanque principal sobrepasa los 28 °C se activarán los ventiladores de evaporación hasta que la temperatura descienda hasta los 25 °C. Tanto el límite en el que empiezan a funcionar los ventiladores como el límite que los para son configurables por el usuario, por defecto valdrán 28 °C y 25 °C respectivamente.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-27, P-28, P-29, P-30, P-31
<b>Fecha de creación</b>	23/5/2017

Tabla 84. Requisito S-03.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-27</b>
<b>Requisito/s</b>	S-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 29 °C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los ventiladores de evaporación y no se apagan hasta que el termómetro marque $25 \pm 2\%$ °C.

Tabla 85. Prueba P-25, activación de ventiladores de evaporación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-28</b>
<b>Requisito/s</b>	S-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 32 °C. El valor para encender los ventiladores de evaporación ha sido configurado a 30 °C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los ventiladores de evaporación y no se apagan hasta que el termómetro marque $25 \pm 2\%$ °C.

Tabla 86. Prueba P-27, activación de ventiladores de evaporación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-29</b>
<b>Requisito/s</b>	S-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 29 °C. El valor para apagar los ventiladores de evaporación ha sido configurado a 26 °C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los ventiladores de evaporación y no se apagan hasta que el termómetro marque $26 \pm 2\%$ °C.

Tabla 87. Prueba P-28, apagado de ventiladores de evaporación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-30</b>
<b>Requisito/s</b>	S-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. El valor para encender los ventiladores de evaporación ha sido configurado a 26 °C.
<b>Acción</b>	Configurar el valor para apagar los ventiladores de evaporación a 27 °C.
<b>Postcondición</b>	El sistema no permite que la temperatura de encendido sea menor que la de apagado.

Tabla 88. Prueba P-29, configuración de umbral inferior del sistema de evaporación.



<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-31</b>
<b>Requisito/s</b>	S-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. El valor para apagar los ventiladores de evaporación ha sido configurado a 26 °C.
<b>Acción</b>	Configurar el valor para encender los ventiladores de evaporación a 24 °C.
<b>Postcondición</b>	El sistema no permite que la temperatura de apagado sea mayor que la de encendido.

Tabla 89. Prueba P-29, configuración de umbral superior del sistema de evaporación.

<b>ID</b>	<b>S-05</b>
<b>Nombre</b>	Activación de los calentadores
<b>Descripción</b>	Si la temperatura del tanque desciende de los 23C se activarán los calentadores hasta que la temperatura alcance los 25°C. Tanto el límite en el que empiezan a funcionar los calentadores como el límite que los para son configurables por el usuario, por defecto valdrán 23 °C y 25 °C respectivamente.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-35, P-36, P-37, P-38, P-39
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 90. Requisito S-05.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-35</b>
<b>Requisito/s</b>	S-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 22 °C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los calentadores y no se apagan hasta que el termómetro marque $25 \pm 2\%$ °C.

Tabla 91. Prueba P-35, activación de calentadores.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-36</b>
<b>Requisito/s</b>	S-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 22 °C. El valor para apagar los calentadores ha sido configurado a 27 °C.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los calentadores y no se apagan hasta que el termómetro marque $27 \pm 2\%$ °C.

Tabla 92. Prueba P-36, activación de calentadores.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-37</b>
<b>Requisito/s</b>	S-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. Introducir la sonda de temperatura en agua a 24 °C. El valor para encender los calentadores ha sido configurado a 22 °C. El valor para apagarlo está configurado por defecto.
<b>Acción</b>	Medir con un termómetro infrarrojo con una precisión de al menos un $\pm 2\%$ la temperatura del agua. Esperar a que el agua se enfríe.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se encienden los calentadores cuando el agua llega a $22 \pm 2\%$ °C y no se apagan hasta que el termómetro marque $25 \pm 2\%$ °C.

Tabla 93. Prueba P-37, apagado de calentadores.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-38</b>
<b>Requisito/s</b>	S-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. El valor para encender los calentadores ha sido configurado a 27 °C.
<b>Acción</b>	Configurar el valor para apagar los calentadores a 25 °C.
<b>Postcondición</b>	El sistema no permite que la temperatura de encendido sea mayor que la de apagado.

Tabla 94. Prueba P-38, configuración de umbral inferior del sistema de calentadores.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-39</b>
<b>Requisito/s</b>	S-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de temperatura. El valor para apagar los calentadores ha sido configurado a 26 °C.
<b>Acción</b>	Configurar el valor para encender los calentadores a 24 °C.
<b>Postcondición</b>	El sistema no permite que la temperatura de apagado sea mayor que la de encendido.

Tabla 95. Prueba P-39, configuración de umbral superior del sistema de calentadores.

<b>ID</b>	<b>S-06</b>
<b>Nombre</b>	Sensor de evaporación
<b>Descripción</b>	El sistema activará automáticamente la bomba de rellenado cuando el sensor que indica el nivel de evaporación indique que el tanque ha perdido el nivel configurado.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-39
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 96. Requisito S-06, sensor de evaporación.

<b>ID</b>	<b>S-07</b>
<b>Nombre</b>	Sensor de llenado
<b>Descripción</b>	El sistema parará automáticamente la bomba de rellenado cuando el sensor que indica el nivel de llenado indique que el tanque ha recuperado el nivel configurado.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-40
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 97. Requisito S-07, sensor de llenado.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-40</b>
<b>Requisito/s</b>	S-06, S-07
<b>Precondición</b>	Introducir sensor que indica el nivel de evaporación de nivel en el agua a 5 cm bajo el nivel del agua.
<b>Acción</b>	Vaciar 7 cm el contenedor.
<b>Postcondición</b>	El sistema activa la bomba de relleno hasta que lo indique el sensor de nivel de llenado.

Tabla 98. Prueba 40, sonda de nivel.

## 6.3.1.3. Actuadores

<b>ID</b>	<b>A-01</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de bombas de circulación desde la GUI
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar las bombas de circulación desde la GUI.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-42, P43
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 99. Requisito A-01, gestión desde la GUI de las bombas de circulación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-42</b>
<b>Requisito/s</b>	A-01
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La bomba de circulación está apagada.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para encender la bomba de circulación.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la bomba de circulación.

Tabla 100. Prueba P-42, encendido de la bomba de circulación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-43</b>
<b>Requisito/s</b>	A-01
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La bomba de circulación está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para apagar la bomba de circulación.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la bomba de circulación.

Tabla 101. Prueba P-43, apagado de la bomba de circulación.

<b>ID</b>	<b>A-02</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de bombas de circulación manualmente
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar las bombas de circulación de forma manual.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-44, P-45
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 102. Requisito A-02, gestión manual de la bomba de circulación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-44</b>
<b>Requisito/s</b>	A-02
<b>Precondición</b>	La bomba de circulación está apagada.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para encender la bomba de circulación.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la bomba de circulación.

Tabla 103. Prueba P-44, encendido manual de la bomba de circulación.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-45</b>
<b>Requisito/s</b>	A-02
<b>Precondición</b>	La bomba de circulación está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para apagar la bomba de circulación.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la bomba de circulación.

Tabla 104. Prueba P-45, apagado manual de la bomba de circulación.

<b>ID</b>	<b>A-03</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de bomba de subida desde la GUI
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar la bomba de subida desde la GUI.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-45, P-46
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 105. Requisito A-03, gestión desde la GUI de la bomba de subida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-46</b>
<b>Requisito/s</b>	A-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La bomba de subida está apagada.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para encender la bomba de subida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la bomba de subida.

Tabla 106. Prueba P-46, encendido de la bomba de subida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-47</b>
<b>Requisito/s</b>	A-03
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La bomba de subida está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para apagar la bomba de subida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la bomba de subida.

Tabla 107. Prueba P-47, apagado de la bomba de subida.

<b>ID</b>	<b>A-04</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de bomba de subida manualmente
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar la bomba de subida de forma manual.
<b>Pruebas asociadas</b>	P-48, P-49
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 108. Requisito A-04, gestión manual de la bomba de subida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-48</b>
<b>Requisito/s</b>	A-04
<b>Precondición</b>	La bomba de subida está apagada.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para encender la bomba de subida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la bomba de subida.

Tabla 109. Prueba P-48, encendido de la bomba de subida de forma manual.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-49</b>
<b>Requisito/s</b>	A-04
<b>Precondición</b>	La bomba de subida está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para apagar la bomba de subida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la bomba de subida.

Tabla 110. Prueba P-49, apagado de la bomba de subida de forma manual.

<b>ID</b>	<b>A-05</b>
<b>Nombre</b>	Gestión del skimmer desde la GUI
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar el skimmer desde la GUI.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-50, P-51
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 111. Requisito A-05, gestión desde la GUI del skimmer.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-50</b>
<b>Requisito/s</b>	A-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. El skimmer está apagado.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para encender el skimmer.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende el skimmer.

Tabla 112. Prueba P-50, encendido del skimmer.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-51</b>
<b>Requisito/s</b>	A-05
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. El skimmer está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para apagar el skimmer.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga el skimmer.

Tabla 113. Prueba P-51, apagado del skimmer.

<b>ID</b>	<b>A-06</b>
<b>Nombre</b>	Gestión del skimmer manualmente
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar el skimmer de forma manual.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-52, P-53
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 114. Requisito A-06, gestión manual del skimmer.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-52</b>
<b>Requisito/s</b>	A-06
<b>Precondición</b>	El skimmer está apagado.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para encender el skimmer.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende el skimmer.

Tabla 115. Prueba P-52, encendido del skimmer de forma manual.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-53</b>
<b>Requisito/s</b>	A-06
<b>Precondición</b>	El skimmer está encendido.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para apagar el skimmer.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga el skimmer.

Tabla 116. Prueba P-53, apagado del skimmer de forma manual.



<b>ID</b>	<b>A-07</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de lámpara germicida desde la GUI
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar la lámpara germicida UVA desde la GUI.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-54, P-55
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 117. Requisito A-07, gestión desde la GUI de la lámpara germicida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-54</b>
<b>Requisito/s</b>	A-07
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La lámpara germicida está apagada
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para encender la lámpara germicida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la lámpara germicida.

Tabla 118. Prueba P-54, encendido de la lámpara germicida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-55</b>
<b>Requisito/s</b>	A-07
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. La lámpara germicida está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para apagar la lámpara germicida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la lámpara germicida.

Tabla 119. Prueba P-55, apagado de la lámpara germicida.

<b>ID</b>	<b>A-08</b>
<b>Nombre</b>	Gestión de lámpara germicida manualmente
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar o desactivar la lámpara germicida UVA de forma manual.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-56, P-57
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 120. Requisito A-08, gestión manual de la lámpara germicida.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-56</b>
<b>Requisito/s</b>	A-08
<b>Precondición</b>	La lámpara germicida está apagada.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para encender la lámpara germicida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende la lámpara germicida.

Tabla 121. Prueba P-56, encendido de la lámpara germicida de forma manual.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-57</b>
<b>Requisito/s</b>	A-08
<b>Precondición</b>	La lámpara germicida está encendida.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón manual para apagar la lámpara germicida.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apaga la lámpara germicida.

Tabla 122. Prueba P-57, encendido de la lámpara germicida de forma manual.

<b>ID</b>	<b>A-09</b>
<b>Nombre</b>	Mantenimiento de la urna principal desde la GUI
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar y desactivar todos los aparatos eléctricos desde un solo botón de la GUI.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-58, P-59
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 123. Requisito A-09, gestión del modo mantenimiento desde la GUI.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-58</b>
<b>Requisito/s</b>	A-09
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. Todos los aparatos eléctricos apagados.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para terminar el mantenimiento.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende todos los aparatos eléctricos.

Tabla 124. Prueba P-58, finalización del mantenimiento.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-59</b>
<b>Requisito/s</b>	A-09
<b>Precondición</b>	Visualizar en la pantalla de un terminal Android con la aplicación instalada la ventana de control de aparatos eléctricos. Todos los aparatos eléctricos encendidos.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para iniciar el mantenimiento.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apagan todos los aparatos eléctricos.

Tabla 125. Prueba P-59, inicio del mantenimiento.

<b>ID</b>	<b>A-10</b>
<b>Nombre</b>	Mantenimiento de la urna principal manualmente
<b>Descripción</b>	El usuario podrá activar y desactivar todos los aparatos eléctricos desde un solo botón de forma manual.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-60, P-61
<b>Fecha de creación</b>	31/1/2017

Tabla 126. Requisito A-10, gestión manual del modo mantenimiento.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-60</b>
<b>Requisito/s</b>	A-10
<b>Precondición</b>	Todos los aparatos eléctricos apagados.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para terminar el mantenimiento.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se enciende todos los aparatos eléctricos.

Tabla 127. Prueba P-60, finalización del mantenimiento de forma manual.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-61</b>
<b>Requisito/s</b>	A-10
<b>Precondición</b>	Todos los aparatos eléctricos encendidos.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para iniciar el mantenimiento.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apagan todos los aparatos eléctricos.

Tabla 128. Prueba P-61, inicio del mantenimiento de forma manual.

### 6.3.2. Requisitos no funcionales

#### 6.3.2.1. Generales

<b>ID</b>	<b>RNF-01</b>
<b>Nombre</b>	Aplicación móvil
<b>Descripción</b>	La aplicación móvil funcionará en cualquier terminal con sistema operativo Android 6.0 o posterior.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 129. Requisito no funcional RNF-01, aplicación móvil.

<b>ID</b>	<b>RNF-02</b>
<b>Nombre</b>	Hardware independiente
<b>Descripción</b>	El sistema implementado en la placa Arduino ha de estar implementado de forma que funcione de manera independiente, sin la necesidad de un ordenador convencional.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 130. Requisito no funcional RNF-02, hardware independiente.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-62</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-01, RNF-02.
<b>Precondición</b>	Todos los aparatos eléctricos encendidos.
<b>Acción</b>	Pulsar sobre el botón para iniciar el mantenimiento.
<b>Postcondición</b>	Comprobar que se apagan todos los aparatos eléctricos.

Tabla 131. Prueba P-61.

<b>ID</b>	<b>RNF-03</b>
<b>Nombre</b>	Comunicación WiFi
<b>Descripción</b>	La placa Arduino se comunicará con la plataforma thinger.io a través de la red wifi 802.11 b/g/n del usuario. Soportará seguridad WEP y WPA2.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 132. Requisito no funcional RNF-02, comunicación WiFi.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-63</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-03
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 b con seguridad WEP.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 133. Prueba P-63, conexión WiFi 802.11 b con seguridad WEP.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-64</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-03
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 b con seguridad WPA2.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 134. Prueba P-64, conexión WiFi 802.11 b con seguridad WPA2.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-65</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-03
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 g con seguridad WEP.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 135. Prueba P-65, conexión WiFi 802.11 g con seguridad WEP.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-66</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-03
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 g con seguridad WPA2.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 136. Prueba P-66, conexión WiFi 802.11 g con seguridad WPA2.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-67</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-03
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 n con seguridad WEP.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 137. Prueba P-67, conexión WiFi 802.11 n con seguridad WEP.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-68</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-07
<b>Precondición</b>	Placa Arduino con el sistema empotrado instalado.
<b>Acción</b>	Conectar el sistema Arduino a una red WiFi 802.11 n con seguridad WPA2.
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente

Tabla 138. Prueba P-68, conexión WiFi 802.11 n con seguridad WPA2.

<b>ID</b>	<b>RNF-04</b>
<b>Nombre</b>	Tarjeta SD
<b>Descripción</b>	El usuario podrá editar el archivo de configuración para introducir los datos de su dispositivo y de su red. Este archivo estará ubicado en una tarjeta SD de 8MB que incluye el producto.
<b>Pruebas asociadas.</b>	P-69
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 139. Requisito no funcional RNF-04, tarjeta SD.

<b>Identificador de prueba</b>	<b>P-69</b>
<b>Requisito/s</b>	RNF-04
<b>Precondición</b>	Editar el archivo de configuración con los datos del dispositivo y de la red WiFi
<b>Acción</b>	Insertar la tarjeta con el archivo en la placa Arduino
<b>Postcondición</b>	El sistema se conecta correctamente.

Tabla 140. Prueba P-69, edición del archivo de configuración.

#### 6.3.2.1.1. Interfaz

<b>ID</b>	<b>RNF-05</b>
<b>Nombre</b>	Habilitación de campos
<b>Descripción</b>	Solo estarán habilitados los campos o botones que sea posible utilizar. En función del estado de la aplicación, para evitar errores de uso.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 141. Requisito no funcional RNF-05, habilitación de campos.

<b>ID</b>	<b>RNF-06</b>
<b>Nombre</b>	Uso de la interfaz
<b>Descripción</b>	En la aplicación móvil la información se dividirá en cuatro apartados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iluminación.</li> <li>• Temperatura.</li> <li>• Aparatos.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 142. Requisito no funcional RNF-06, uso de la interfaz.

<b>ID</b>	<b>RNF-07</b>
<b>Nombre</b>	Iluminación
<b>Descripción</b>	<p>En el apartado iluminación el usuario podrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Configurar la hora de encendido y apagado en franjas de 30 minutos.</li> <li>• Configurar el modo de iluminación del día.</li> <li>• Configurar el modo de iluminación semanal, utilizando los modos predefinidos.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 143. Requisito no funcional RNF-7, iluminación.

<b>ID</b>	<b>RNF-08</b>
<b>Nombre</b>	Configurar modo de iluminación.
<b>Descripción</b>	El usuario podrá seleccionar el modo de iluminación en franjas de 30 minutos.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 144. Requisito no funcional RNF-08, configurar modo de iluminación.

<b>ID</b>	<b>RNF-09</b>
<b>Nombre</b>	Control de temperatura
<b>Descripción</b>	<p>En el control de temperatura el usuario podrá:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultar la temperatura actual del agua.</li> <li>• Configurar la temperatura de encendido de los calentadores.</li> <li>• Configurar la temperatura de encendido de los ventiladores de evaporación.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 145. Requisito no funcional RNF-09, control de temperatura.



ID	RNF-10
<b>Nombre</b>	Control de aparatos eléctricos.
<b>Descripción</b>	En el control de aparatos eléctricos el usuario podrá: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encender y apagar la bomba de circulación.</li> <li>• Encender y apagar la bomba de subida.</li> <li>• Encender y apagar el skimmer.</li> <li>• Encender y apagar la lámpara germicida.</li> <li>• Encender y apagar el modo mantenimiento.</li> </ul>
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 146. Requisito no funcional RNF-10, control de aparatos eléctricos.

#### 6.3.2.2. Seguridad

ID	RNF-11
<b>Nombre</b>	Seguridad en la comunicación
<b>Descripción</b>	En las comunicaciones a través de internet se utilizará TLS 1.0.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 147. Requisito no funcional RNF-11, seguridad en la comunicación.

ID	RNF-12
<b>Nombre</b>	Identificación de producto
<b>Descripción</b>	Para cada producto se generará una clave única de 12 caracteres (letras, números y caracteres especiales) de forma aleatoria para identificar la unidad. Además, se generará un nombre aleatorio para configurar la conexión, (clave + nombre).
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 148. Requisito no funcional RNF-12, identificación del producto.

ID	RNF-13
<b>Nombre</b>	Encapsulamiento del producto
<b>Descripción</b>	El producto se someterá a las pruebas necesarias para conseguir la certificación IP68 según la normativa internacional CEI 60529.
<b>Pruebas asociadas.</b>	
<b>Fecha de creación</b>	24/8/2017

Tabla 149. Requisito no funcional RNF-13, encapsulamiento del producto.

## 7. Diseño de la solución

### 7.1. Hardware

Para la construcción del prototipo, en el disipador (indicado en Tabla 15. Coste del material electrónico.) se distribuirán los leds en quince filas equidistantes. Catorce filas de cinco leds cada una, y una fila en el centro con dos leds. Las catorce filas de cinco leds se dividirán en dos grupos de siete filas colocadas cada una a un lado del disipador, en el centro se colocará una fila con dos leds.

Los leds se distribuirán dejando un margen de cinco cm con el borde largo del disipador (120 cm) y cuatro centímetros con el borde corto (25 cm). Cada fila se separará de la anterior aproximadamente siete cm y cada led de la fila se separará cuatro cm del anterior. Los leds se fijarán al disipador con pegamento térmico.

Los leds se distribuirán de la siguiente manera:

B	A	B	B	B	B	A		A	B	B	B	B	A	B
A	R	A	B	R	A	B	B	B	A	R	B	A	R	A
B	A	B	B	A	B	B		B	B	A	B	B	A	B
B	R	B	A	R	B	A	B	A	B	R	A	B	R	B
B	B	A	B	A	A	B		B	A	A	B	A	B	B

Tabla 150. Distribución de los leds.

Al lado de cada led se practicará un orificio de tres mm por el que se pasaran los cables de alimentación. Como ya se indicó, se formarán series de cuatro leds. Cada serie se conectará en paralelo al circuito que le corresponda.

Los leds se conectarán como se indicó en la Ilustración 20. Esquema de conexión Led y transistor. El circuito formado por los leds rojos y azules dispondrán de un transistor cada uno conectado como se indica en la Ilustración 20. Esquema de conexión Led y transistor.

- El transistor del circuito rojo estará conectado al pin PWM 2.
- El transistor del circuito azul estará conectado al pin PWM 3.

Los leds blancos formaran dos circuitos, cada uno con veinte leds y al igual que en el caso de los leds azules y rojos, cada uno dispondrá de un transistor.

- El transistor del circuito blanco uno estará conectado al pin PWM 4.
- El transistor del circuito blanco dos estará conectado al pin PWM 5.

Cada circuito tendrá un interruptor manual. En la siguiente ilustración se puede ver el detalle.

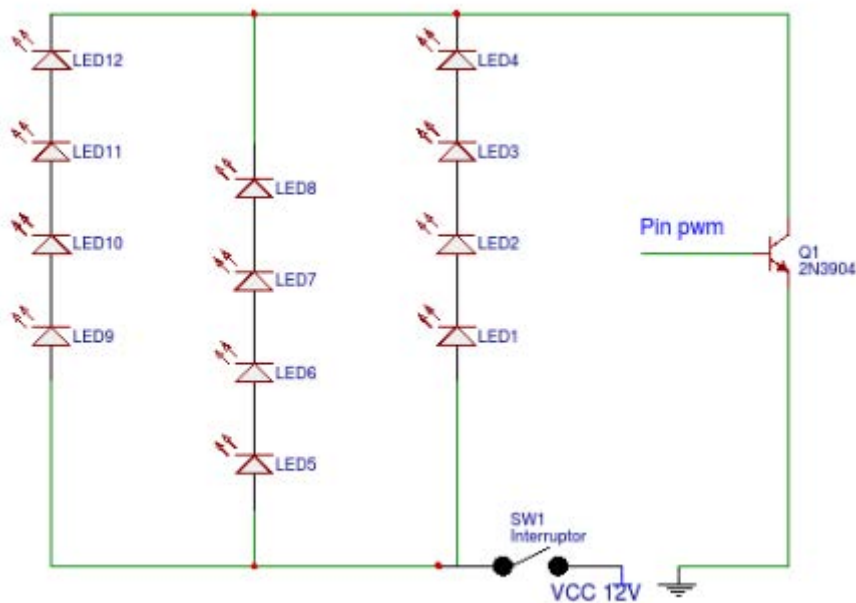


Ilustración 34. Esquema de conexión de las series de leds.

Tanto el sensor de temperatura del agua como el sensor de temperatura de la estructura de la luminaria se conectarán a pines de entrada analógicos.

- El sensor de temperatura del agua se conectará en el pin A0.
- El sensor de temperatura de la estructura de la luminaria se conectará en A1.

Los sensores de nivel se conectarán a pines de entrada digitales.

- El sensor de nivel mínimo se conectará en el pin 22.
- El sensor de nivel máximo se conectará en el pin 23.
- El sensor de nivel de la urna de relleno se conectará en el pin 24.

El reloj se conectará al pin digital 25 y 26.

Cada uno de los aparatos eléctricos (bomba de subida, bomba de relleno, bomba de circulación, skimmer, lámpara germicida, calentador, ventiladores de evaporación y ventiladores de refrigeración de la luminaria) estará conectado a un relé controlado por Arduino. Que a su vez estarán conectados a un pin digital de salida:

- La bomba de subida se conectará en el pin 27.
- La bomba de relleno se conectará en el pin 28.
- La bomba de circulación se conectará en el pin 29.
- El skimmer se conectará en el pin 30.
- La lámpara germicida se conectará en el pin 31.
- El calentador se conectará en el pin 32.
- Los ventiladores de evaporación se conectarán en el pin 33.
- Los ventiladores de refrigeración de la luminaria se conectarán en el pin 34.

Voy a utilizar el mismo esquema para la bomba de circulación, subida, relleno y skimmer, ventiladores de evaporación y ventiladores de refrigeración, puesto que todos estos aparatos realmente funcionan con un motor.

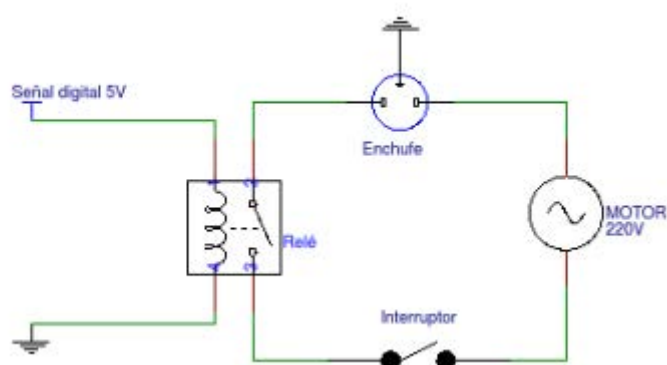


Ilustración 35. Esquema para los aparatos modelados como motores a 220V.

Al igual que en el caso anterior, el ventilador de evaporación y el ventilador de refrigeración de la luminaria los voy a representar con el mismo diagrama.

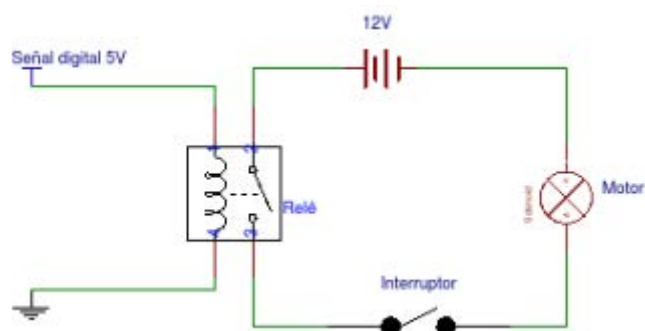


Ilustración 36. Esquema de conexión para el ventilador de evaporación y el ventilador de refrigeración.

Por último, se presenta el esquema de conexión del calentador.

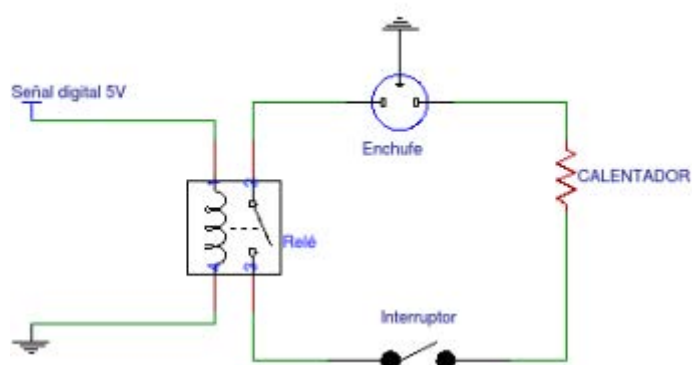


Ilustración 37. Esquema de conexión para el calentador.

## 7.2. Configuración de la conexión

Para gestionar la conexión con la red wifi del usuario y la conexión con thinger el usuario deberá editar el archivo `conexion.txt` que está guardado en la tarjeta SD incluida. Este archivo tiene el siguiente formato:

SSID nombre de la red wifi;

SSID\_PASS contraseña de la red wifi;

NombreUsuario nombre asociado al producto;

DispositivoID identificador del dispositivo;

DispositivoPass contraseña del dispositivo;

Arduino leerá esta configuración para gestionar la conexión.

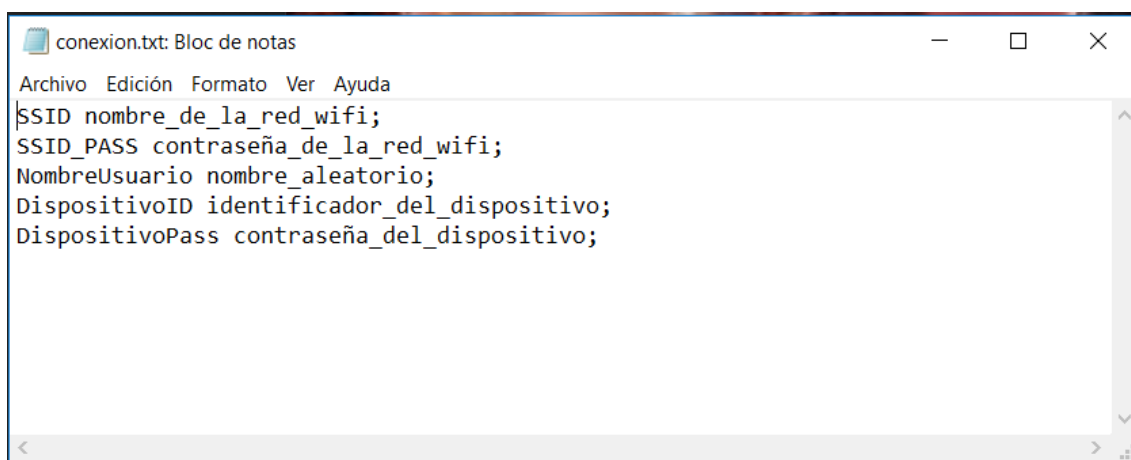


Ilustración 38. Formato del archivo `conexion.txt`.

7.3. Software  
7.3.1. Vista lógica

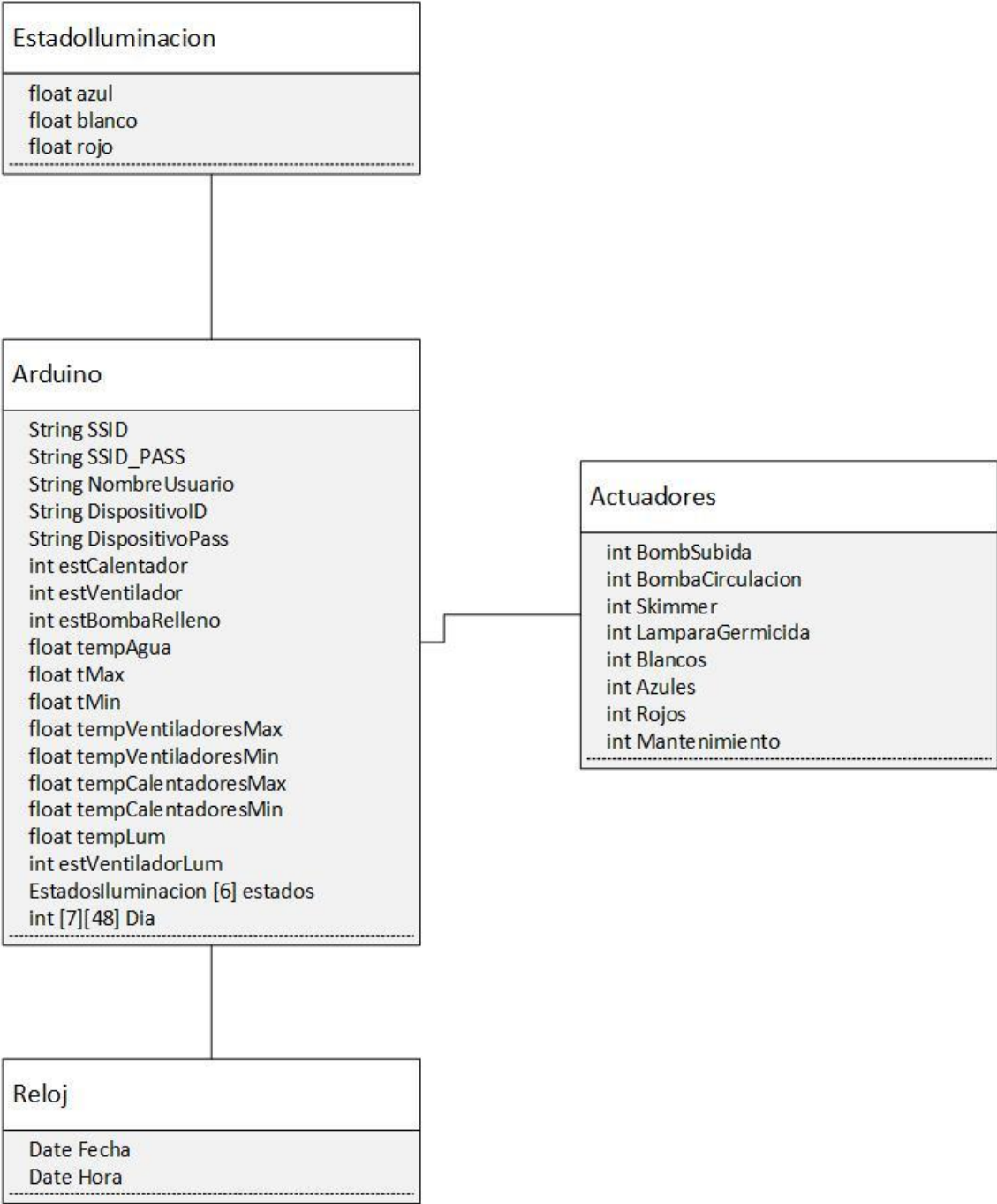


Tabla 151, Vista lógica.

## 7.3.2. Vista física

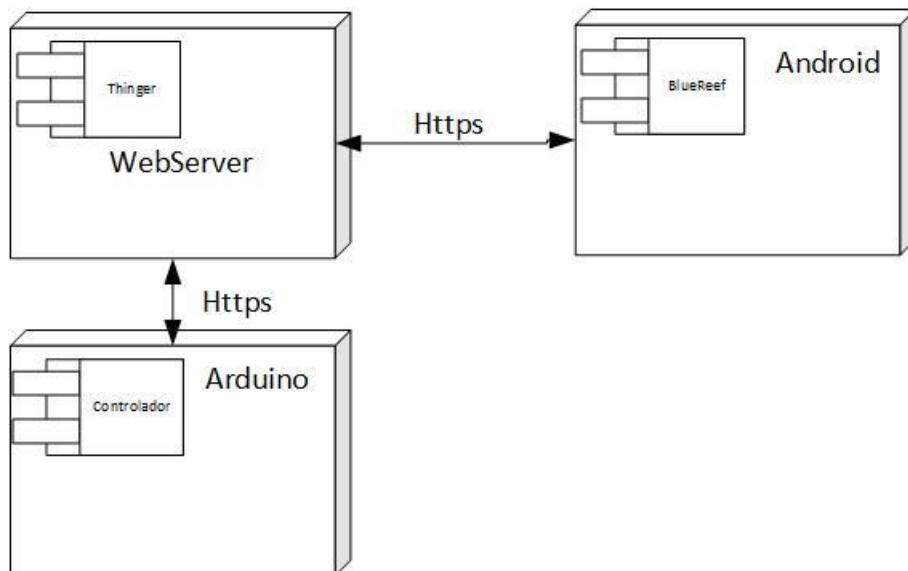


Tabla 152. Vista física.

Como se puede ver en el diagrama anterior la placa Arduino, BlueReef y thinger son bloques separados. En el controlador se encuentra toda la lógica de gestión (actuadores, luminaria, relleno y temperatura) y el control. Thinger es el servicio que orquesta la comunicación. Por ultimo en BlueReef se encuentra la monitorización y programación.

La placa de Arduino se conectará a la corriente a través de un transformador. Y mediante WiFi a internet, utilizando el protocolo https para comunicarse con thinger.

A su vez BlueReef también utiliza el protocolo https para comunicarse con thinger.

## 7.3.3. Vista de desarrollo

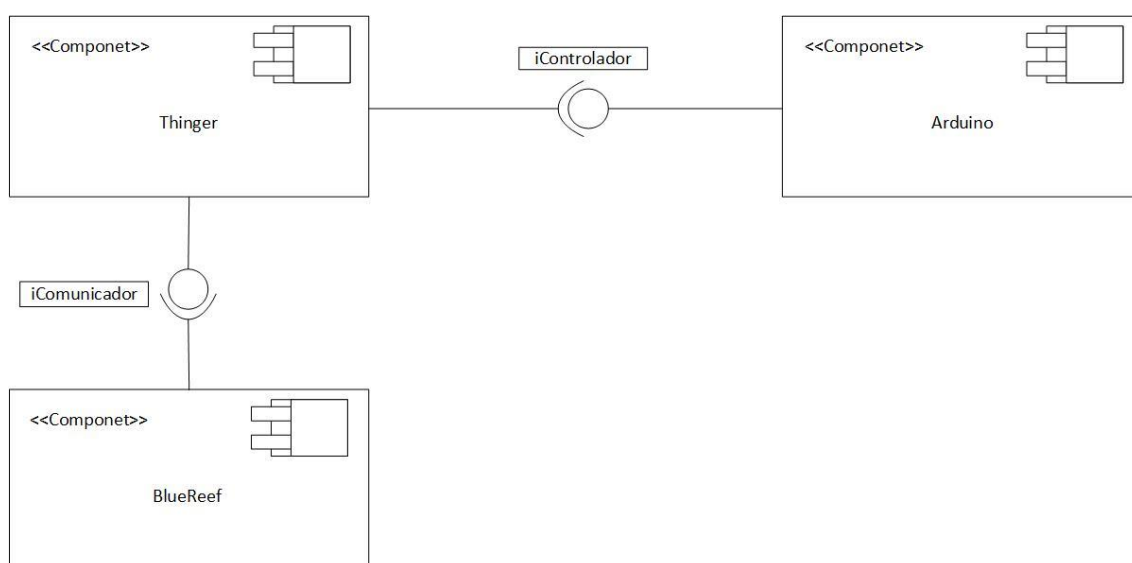


Tabla 153. Vista de desarrollo.

El sistema se está repartido en tres componentes, que son: la aplicación móvil (BlueReef), la plataforma Thinger y Controlador.

### BlueReef

Gracias a este componente el usuario puede gestionar el sistema de control del acuario desde el dispositivo móvil, para ello se comunica con la plataforma Thinger para recibir y enviar información a Controlador.

Para ello utiliza la interfaz de Thinger, iComunicador, que permite al dispositivo enviar la configuración semanal de las luces, la configuración de la temperatura y el cambio de estado de los actuadores. A su vez, es utilizada para recoger la información de la configuración y el estado actual de la temperatura, de las luces y de los actuadores.

### Thinger

Este componente es el encargado de la conexión entre la aplicación móvil y el Arduino. Por ello se comunica con ambos, a la aplicación BlueReef le ofrece la interfaz iComunicador para recibir los datos de configuración, las acciones sobre los actuadores y enviarle la información actual recogida de Controlador.

En la conexión con Controlador, utiliza la interfaz iControlador para enviarle los datos de la configuración, los cambios de estado para los actuadores y recoge del Arduino la información sobre la configuración actual y el estado de la temperatura, de las luces y de los actuadores.

### Controlador

Este componente se comunica con la plataforma Thinger para recoger y enviar datos al usuario. Ofrece la interfaz iControlador, que utiliza Thinger para enviarle los parámetros de configuración del usuario, los cambios de estado de los actuadores y para pedirle a Controlador la información actual de la configuración y el estado de la temperatura, las luces y los actuadores.

#### 7.3.3.1. Especificación del diseño por componentes

Tras la identificación de todos los componentes y sus interfaces, se utilizarán las siguientes tablas para detallar cada componente.

#### Nombre

#### Propósito

#### Dependencias

#### Interfaces

Tabla 154. Formato del detalle del componente.

### Descripción de los campos

- Nombre: representa el nombre del componente que se describe.
- Propósito: resume la función del componente en el sistema.
- Dependencias: identifica las dependencias con otros componentes mediante sus interfaces.



- Interfaces: define todas las interfaces del componente, y las operaciones que las componen.

Nombre	BlueReef
Propósito	Este componente es el que permite al usuario controlar al Arduino mediante el dispositivo móvil.
Dependencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iComunicador: esta interfaz pertenece al componente Thingers y permite la comunicación entre el dispositivo y el Arduino.</li> </ul>
Interfaces	No contiene interfaces propias.

Tabla 155. Componente BlueReef

Nombre	Thinger
Propósito	Este componente es el encargado de la comunicación entre el dispositivo y el Arduino.
Dependencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• iControlador: esta interfaz pertenece al componente Arduino y permite el envío y recuperación de datos entre el Arduino y la plataforma Thingers.</li> </ul>
Interfaces	<p><b>iComunicador:</b> esta interfaz es la encargada de enviar y recibir datos entre el dispositivo y Thingers. Se compone de las siguientes operaciones:</p> <p><b>MÉTODOS PARA LA GESTIÓN DE LA TEMPERATURA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• float getTempActual (): devuelve la temperatura actual del sistema, que ha de pedir al Arduino.</li> <li>• void setTempMax (float tmax): esta operación sirve para enviar al Arduino el valor al que ha de configurar la temperatura máxima que puede alcanzar el acuario.</li> <li>• float getTempMax (): devuelve el valor de la temperatura máxima de la configuración actual, que ha de pedir al Arduino.</li> <li>• void setTempMin (float tmin): esta operación sirve para enviar al Arduino el valor al que ha de configurar la temperatura mínima que puede alcanzar el acuario.</li> <li>• float getTempMin (): devuelve el valor de la temperatura mínima de la configuración actual, que ha de pedir al Arduino.</li> </ul> <p><b>MÉTODOS PARA LA GESTIÓN DE ACTUADORES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• void setMantenimiento (int e): recibe el nuevo estado del mantenimiento para enviárselo al Arduino.</li> </ul>

- `int getMantenimiento ()`: devuelve el estado del mantenimiento al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setBombaSubida (int e)`: recibe el nuevo estado de la bomba de subida para enviárselo al Arduino.
  - `int getBombaSubida ()`: devuelve el estado de la bomba de subida al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setBombaCirculacion (int e)`: recibe el nuevo estado de la bomba de circulación para enviárselo al Arduino.
  - `int getBombaCirculacion ()`: devuelve el estado de la bomba de circulación al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setSkimmer (int e)`: recibe el nuevo estado del skimmer para enviárselo al Arduino.
  - `int getSkimmer ()`: devuelve el estado del skimmer al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setGermicida (int e)`: recibe el nuevo estado de la lámpara germicida para enviárselo al Arduino.
  - `int getGermicida ()`: devuelve el estado de la lámpara germicida al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setBlanca (int e)`: recibe el nuevo estado de la luz blanca para enviárselo al Arduino.
  - `int getBlanca ()`: devuelve el estado de la luz blanca al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setRoja (int e)`: recibe el nuevo estado de la luz roja para enviárselo al Arduino.
  - `int getRoja ()`: devuelve el estado de la luz roja al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setAzul (int e)`: recibe el nuevo estado de la luz azul para enviárselo al Arduino.
  - `int getAzul ()`: devuelve el estado de la luz azul al dispositivo, tiene que pedírselo al Arduino.
  - `void setLunes (int[] dia)`: recibe la información de configuración del lunes para enviársela al Arduino.
- MÉTODOS PARA LA GESTIÓN DE LA LUZ**
- `int [] getLunes ()`: envía la información de configuración actual del lunes, tiene que recogerla del Arduino.
  - `void setMartes (int[] dia)`: recibe la información de configuración del martes para enviársela al Arduino.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <code>int [] getMartes ()</code>: envía la información de configuración actual del martes, tiene que recogerla del Arduino.</li> <li>• <code>void setMiercoles (int[] dia)</code>: recibe la información de configuración del miércoles para enviársela al Arduino.</li> <li>• <code>int [] getMiercoles ()</code>: envía la información de configuración actual del miércoles, tiene que recogerla del Arduino.</li> <li>• <code>void setJueves (int[] dia)</code>: recibe la información de configuración del jueves para enviársela al Arduino.</li> <li>• <code>int [] getJueves ()</code>: envía la información de configuración actual del jueves, tiene que recogerla del Arduino.</li> <li>• <code>void setViernes (int[] dia)</code>: recibe la información de configuración del viernes para enviársela al Arduino.</li> <li>• <code>int [] getViernes ()</code>: envía la información de configuración actual del viernes, tiene que recogerla del Arduino.</li> <li>• <code>void setSabado (int[] dia)</code>: recibe la información de configuración del sábado para enviársela al Arduino.</li> <li>• <code>int [] getSabado ()</code>: envía la información de configuración actual del sábado, tiene que recogerla del Arduino.</li> <li>• <code>void setDomingo (int[] dia)</code>: recibe la información de configuración del domingo para enviársela al Arduino.</li> <li>• <code>int [] getDomingo ()</code>: envía la información de configuración actual del domingo, tiene que recogerla del Arduino.</li> </ul>
--	--

Tabla 156. Componente *thingier*.

Nombre	Arduino
<b>Propósito</b>	Este componente tiene la lógica que controla el acuario en función a la configuración del sistema, la cual puede ser modificable parcialmente por el usuario desde su dispositivo.
<b>Dependencias</b>	
<b>Interfaces</b>	<b>iControlador:</b> esta interfaz es la encargada de gestionar el envío y la recuperación de datos entre Thinger y el Arduino. Se compone por las mismas operaciones que la interfaz iComunicador del componente Thingers, pero el envío de datos es desde Thingers al Arduino y viceversa.

Tabla 157. Componente Arduino.

#### 7.3.4. Vista de procesos

Hay que tener en cuenta que los procesos son ejecutados en la placa de Arduino constantemente, puesto que son los controladores del estado del acuario y los encargados de solucionar los problemas que podrían ser fatales si no son detectados a tiempo.

El estado “REPOSO” es el encargado de consultar los sensores del acuario constantemente para detectar los fallos, por lo que en cuanto el sistema comienza a funcionar se pasa al estado de “REPOSO” para que comience el control del estado del acuario.

## 7.3.4.1. Iluminación

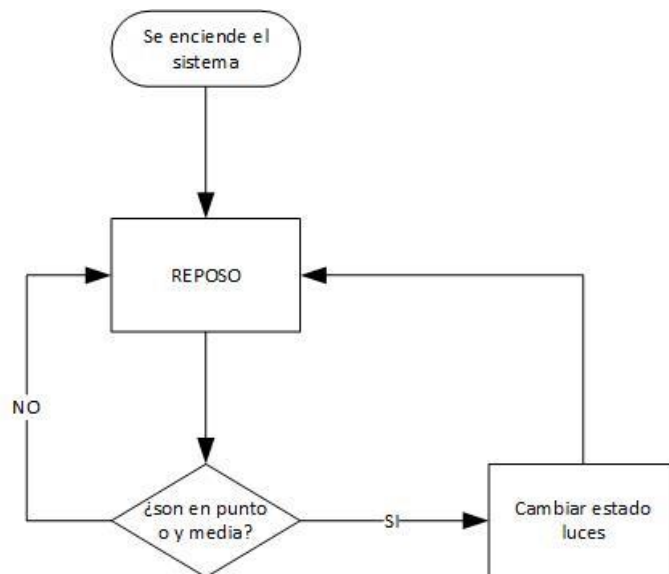


Ilustración 39. Diagrama de flujo del control de la iluminación.

La iluminación está controlada por el tiempo y por la configuración guardada para cada instante. La configuración está diseñada para franjas de tiempo de media hora, por lo que se consulta constantemente el tiempo y si coincide con que son las HH:00 o las HH:30 se realiza el cambio de estado al correspondiente, definido en la configuración de iluminación para dicho día.

## 7.3.4.2. Temperatura del agua

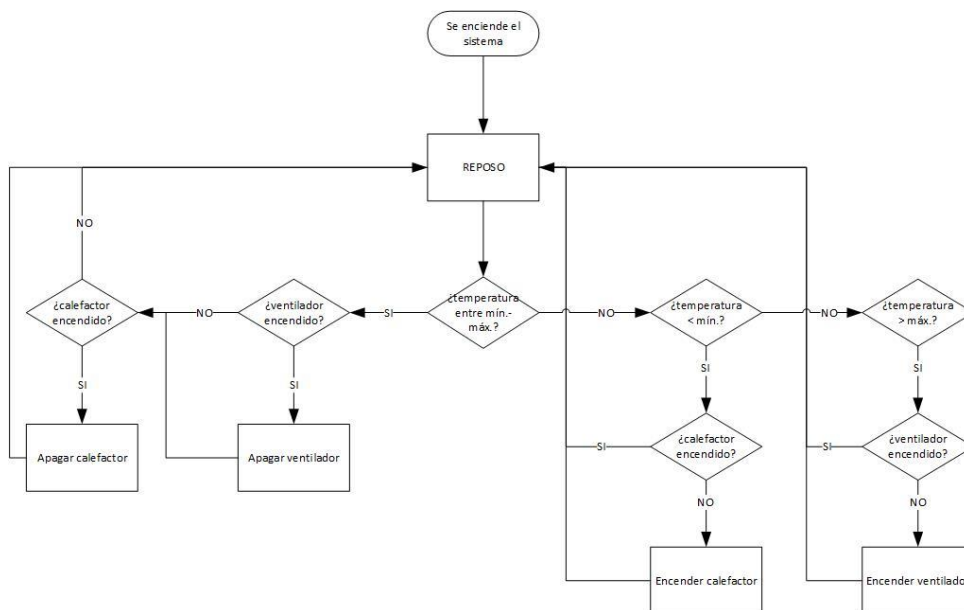


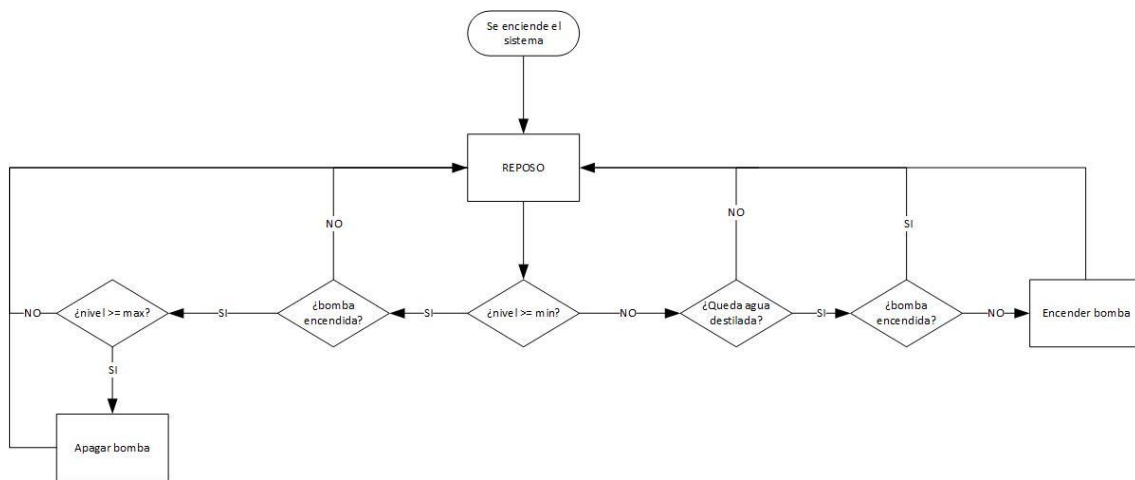
Ilustración 40. Diagrama de flujo del control de temperatura del agua.

El control de la temperatura está basado en sensores que son consultados constantemente. Si el valor de la temperatura observado está por debajo del rango configurado se comprueba el estado del calefactor, si está apagado se enciende para calentar el agua, pero si está encendido, se mantienen hasta que la temperatura del agua asciende hasta el rango permitido.

Si el valor medido está por encima del rango permitido en lugar de por debajo, se hace la misma comprobación, pero con el ventilador en lugar de con el calefactor.

Cuando el valor del sensor está comprendido entre la temperatura máxima y la temperatura mínima permitidas, se comprueba el estado del calefactor y del ventilador para detenerlos en caso de que estén funcionando.

#### 7.3.4.3. Nivel del agua



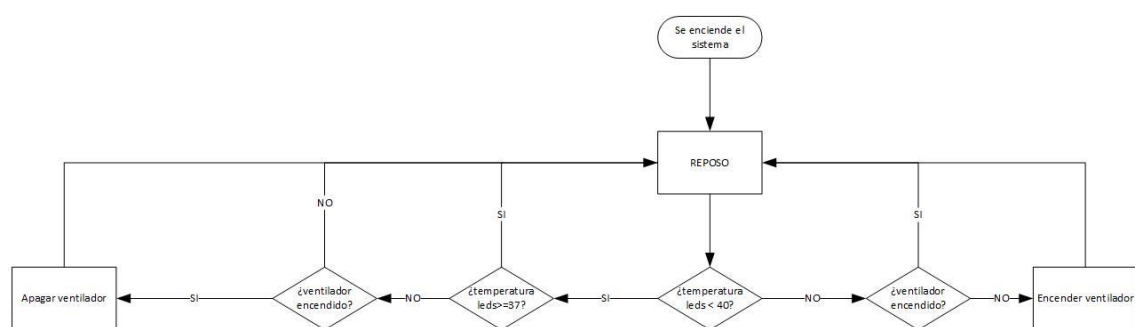
*Ilustración 41. Diagrama de flujo del control del nivel del agua.*

El control del nivel del agua se gestiona mediante dos boyas para controlar el nivel mínimo y máximo del agua.

Si el agua se encuentra por debajo del nivel mínimo y queda agua en el tanque de relleno, se activa la bomba de relleno para traspasar el agua del tanque de relleno hasta el acuario. Mientras el nivel esté por debajo del máximo permitido y el tanque de relleno siga teniendo agua, la bomba seguirá funcionando.

Quando el nivel llegue al nivel máximo o el tanque de llenado esté vacío, se detendrá la bomba.

#### 7.3.4.4. Temperatura de la luminaria



*Ilustración 42. Diagrama de flujo del control de temperatura de la luminaria.*

El control de la temperatura de los leds evita que estos se calienten por encima de 40°.

Al igual que en el punto anterior, si la temperatura está por encima de 40° C se enciende el ventilador para que enfríe los leds hasta los 37 °C.

Cuando el sistema detecta que la temperatura está dentro del rango permitido comprueba el estado del ventilador para apagarlo si este está encendido.



#### 7.4. Interfaz gráfica de usuario

En este apartado voy a presentar la interfaz gráfica del usuario.

##### 7.4.1. Pantalla de inicio

Pulsando en cada elemento de la lista del menú, se desplegará la funcionalidad seleccionada para que el usuario pueda controlar el Arduino desde el dispositivo. Cuando se pulsa otro elemento el resto se pliegan y se despliega el nuevo. Si se selecciona el elemento desplegado, dicha sección se plegará.

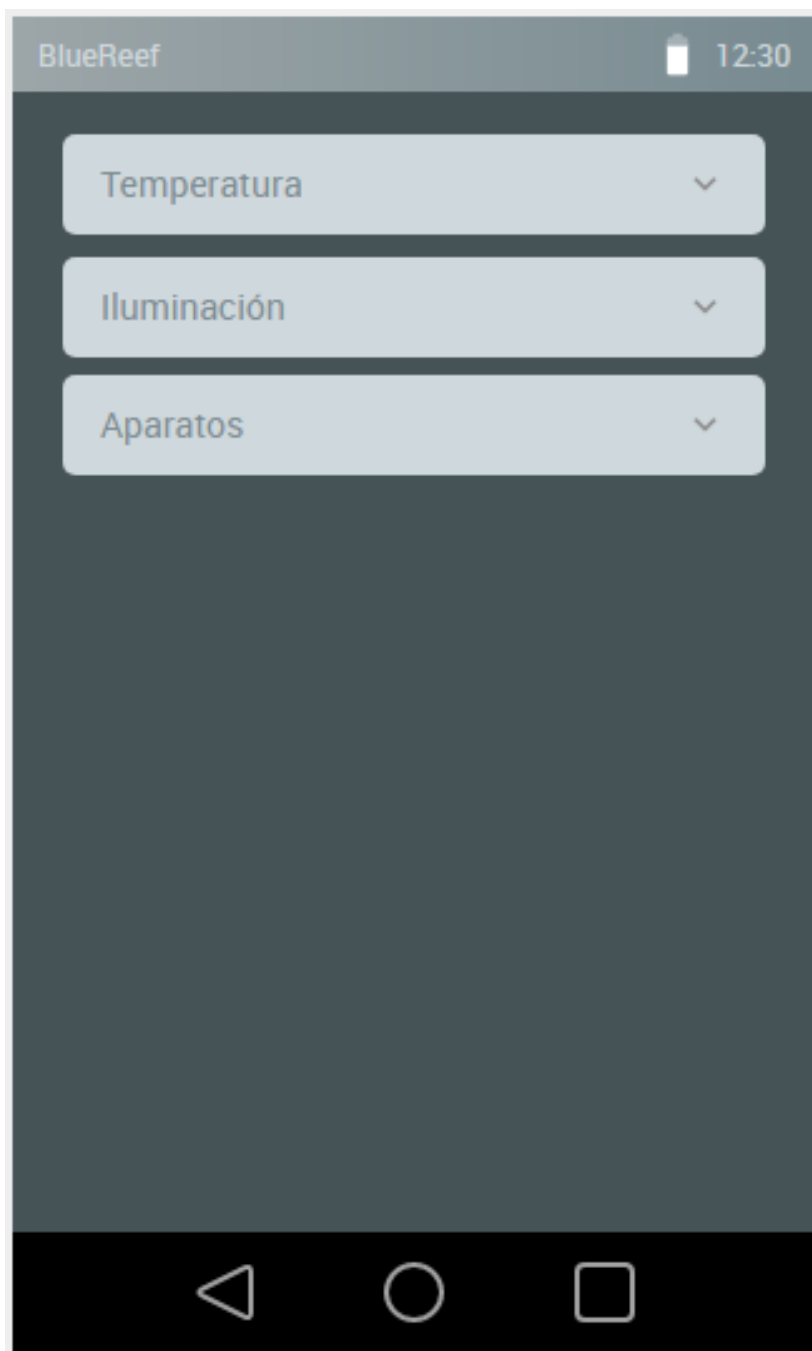


Ilustración 43. Pantalla de inicio.

#### 7.4.1.1. Gestión de temperatura

En la esquina superior izquierda se mostrará la temperatura actual del agua enviada por el Arduino.



Ilustración 44. Gestión de temperatura.

En el campo de temperatura mínima se mostrará la temperatura mínima actual de la configuración. Si el usuario desea modificar dicho valor, podrá introducir la temperatura a la cual quiere que se enciendan los calentadores.

En el campo temperatura máxima, se mostrará la temperatura máxima actual de la configuración. Si el usuario desea modificar dicho valor, podrá introducir la temperatura a la

cual quiere que se enciendan los ventiladores de evaporación. El valor de este campo no puede ser menor que el del campo anterior.

#### 7.4.1.2. Comunicación correcta

Si todos los datos introducidos son correctos cuando el usuario pulse sobre el botón guardar, y el envío de la información es exitoso, se mostrará un mensaje avisando al usuario que el cambio ha sido realizado correctamente.



Ilustración 45. Gestión de temperatura, comunicación correcta.

#### 7.4.1.3. Comunicación incorrecta

Si, por el contrario, ocurre un error en el envío de los datos, se le mostrará al usuario un mensaje de error informándole del problema.

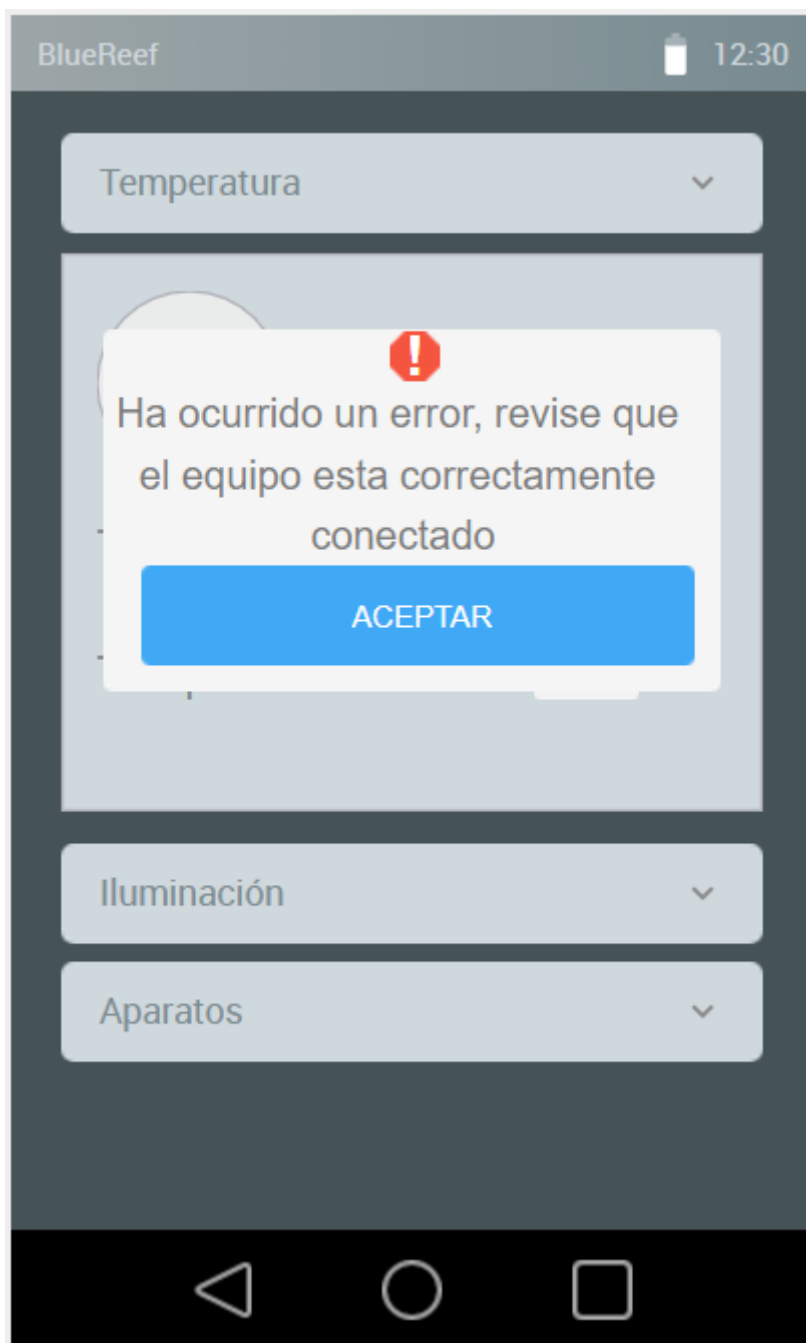


Ilustración 46. Gestión de temperatura, comunicación incorrecta.

#### 7.4.1.4. Validación de formulario

Si el usuario intenta introducir datos erróneos, se le indicará con un mensaje en rojo el error cometido y no se le permitirá guardar los datos hasta que no lo corrija.

The screenshot shows the BlueReef app interface on a mobile device. At the top, the status bar displays 'BlueReef' and the time '12:30'. Below the status bar, there is a dropdown menu labeled 'Temperatura'. The main content area displays a large circular temperature gauge showing '25°C'. Below the gauge, there are two input fields: 'Temperatura mínima' with a value of '23 °C' and 'Temperatura máxima' with a value of '22 °C'. A red error message is displayed below the 'Temperatura máxima' field: 'T. max no puede ser menor que T. max'. Below the error message is a 'GUARDAR' button. At the bottom of the screen, there are two more dropdown menus labeled 'Iluminación' and 'Aparatos'. The bottom of the screen shows the Android navigation bar with back, home, and recent apps buttons.

Ilustración 47. Gestión de temperatura, validación del formulario.

#### 7.4.2. Gestión de la iluminación

En esta sección aparecerán todos los días de la semana. Pulsando sobre cada día, aparecerá la pantalla de configuración de la luz para ese día, y si el usuario quiere podrá modificarla.



Ilustración 48. Gestión de iluminación.

#### 7.4.2.1. *Día seleccionado*

Pulsando sobre cada día de la semana el usuario podrá configurar el modo de iluminación para este día. Pulsando sobre un día cualquiera se mostrará la siguiente ventana.

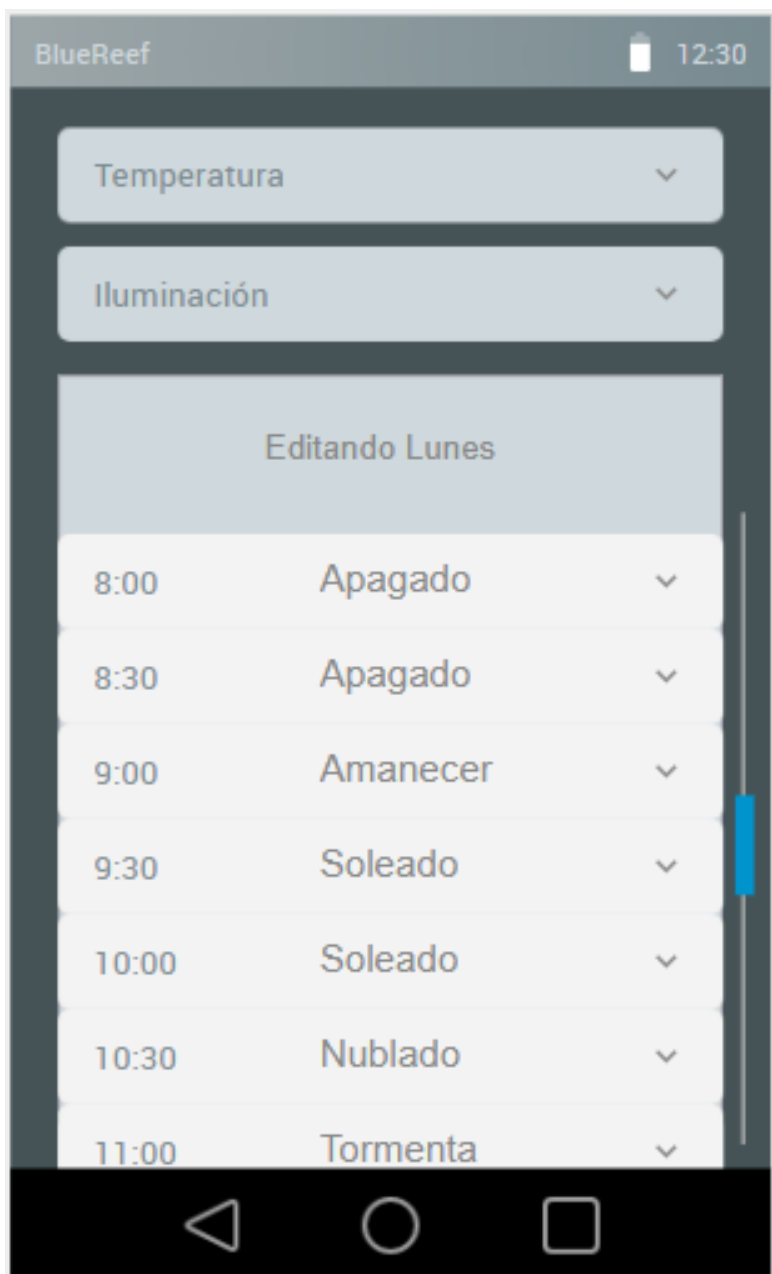


Ilustración 49. Gestión de iluminación, día seleccionado.

#### 7.4.2.2. Franja seleccionada

Tras pulsar en una franja horaria, aparecerá el menú de estados posibles para la misma, y el usuario podrá elegir el estado que quiere para dicha franja en el día seleccionado. Haciendo scroll sobre esta página se verán todas las franjas de posibles.

Los estados disponibles son: Apagado, Amanecer, Soleado, Nublado, Tormentoso o Atardecer. Cuando se cierre la configuración del día esta será enviada al Arduino.

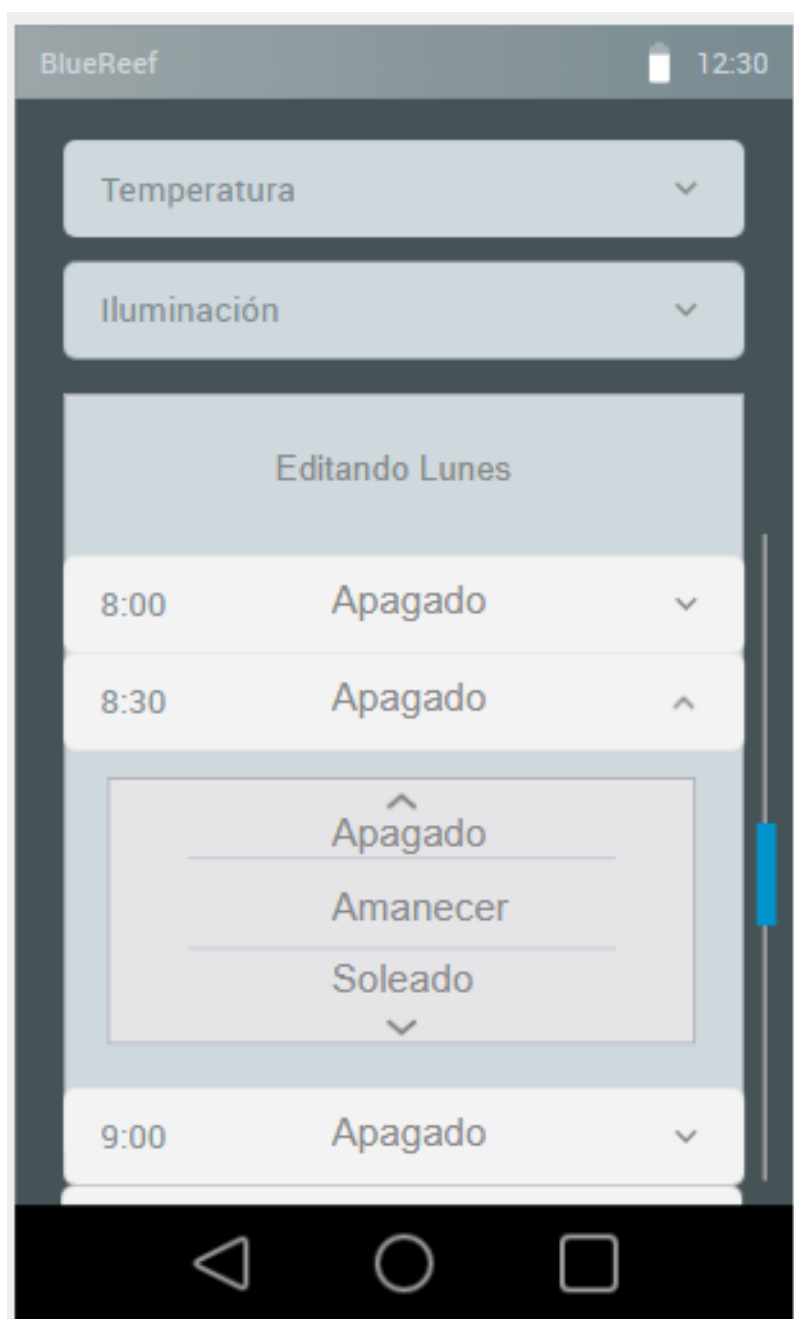


Ilustración 50. Gestión de iluminación, franja seleccionada.



#### 7.4.2.3. Comunicación correcta

Si el envío de la configuración se completa correctamente se le informará al usuario mediante la siguiente pantalla.

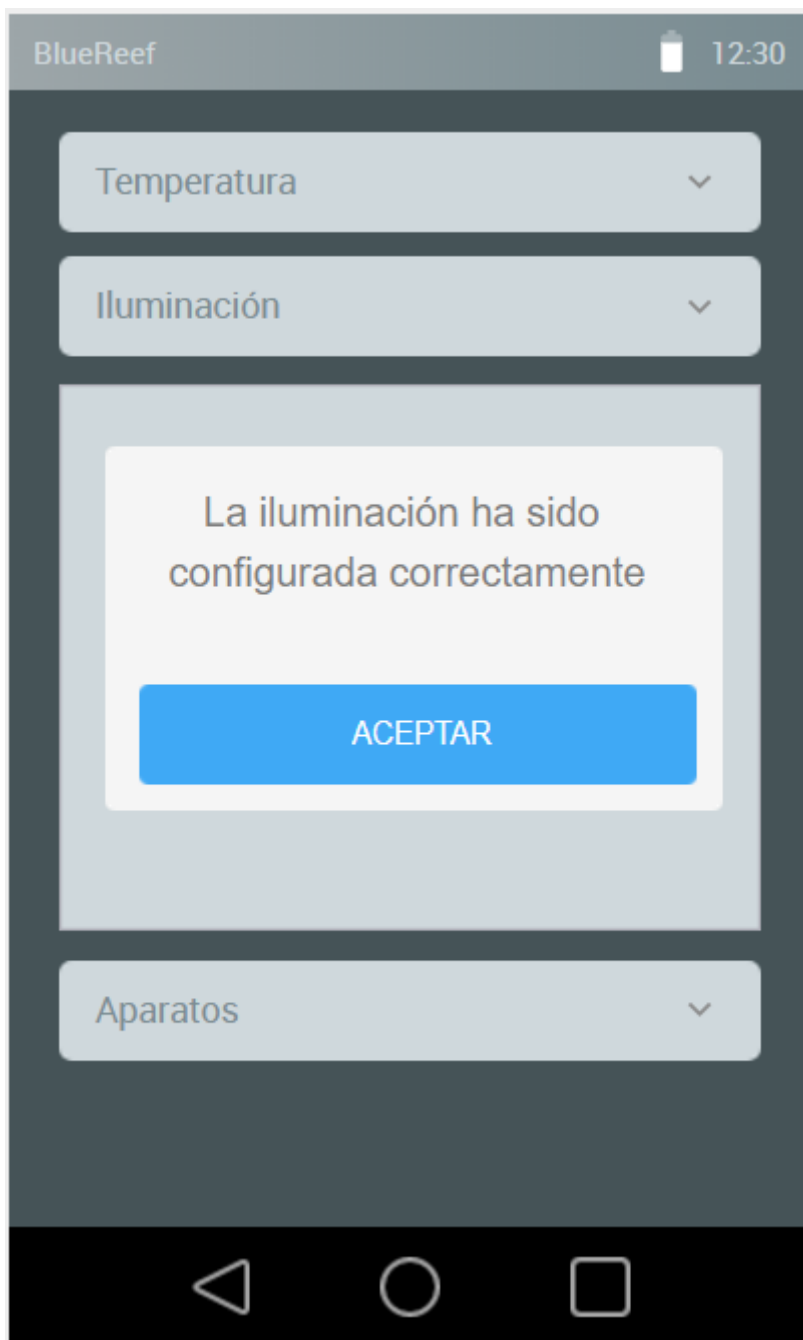


Ilustración 51. Gestión de iluminación, comunicación correcta.

#### 7.4.2.4. Comunicación incorrecta

En cambio, si el envío de la configuración falla, se le mostrará al usuario el mensaje de error indicándole que el envío ha fallado.

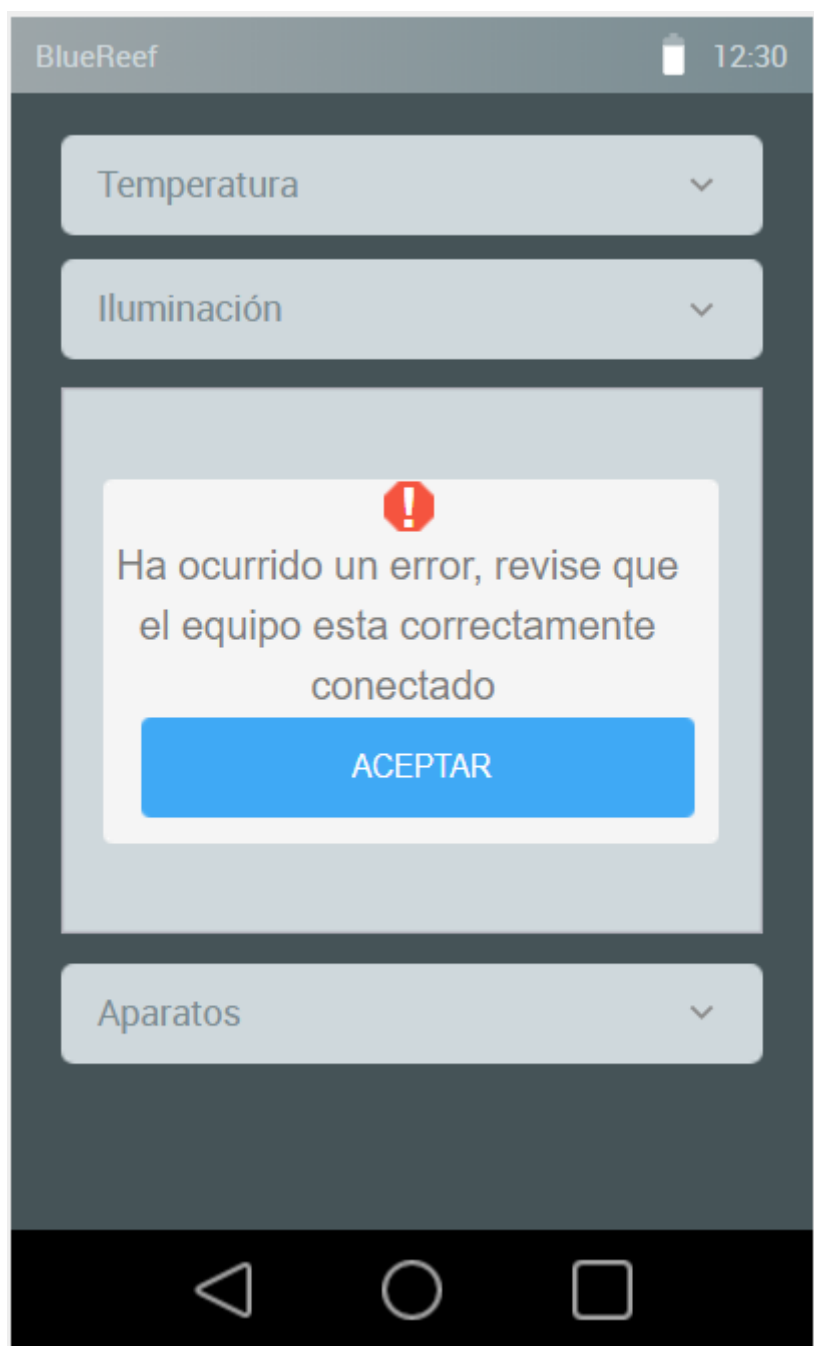


Ilustración 52. Gestión de iluminación, comunicación incorrecta.

#### 7.4.3. Gestión de aparatos

En la siguiente interfaz se muestran todos los aparatos del sistema en su estado actual, incluyendo el estado de control de mantenimiento.

Deslizando cada uno de los controles el usuario podrá modificar el estado del aparato en cuestión.

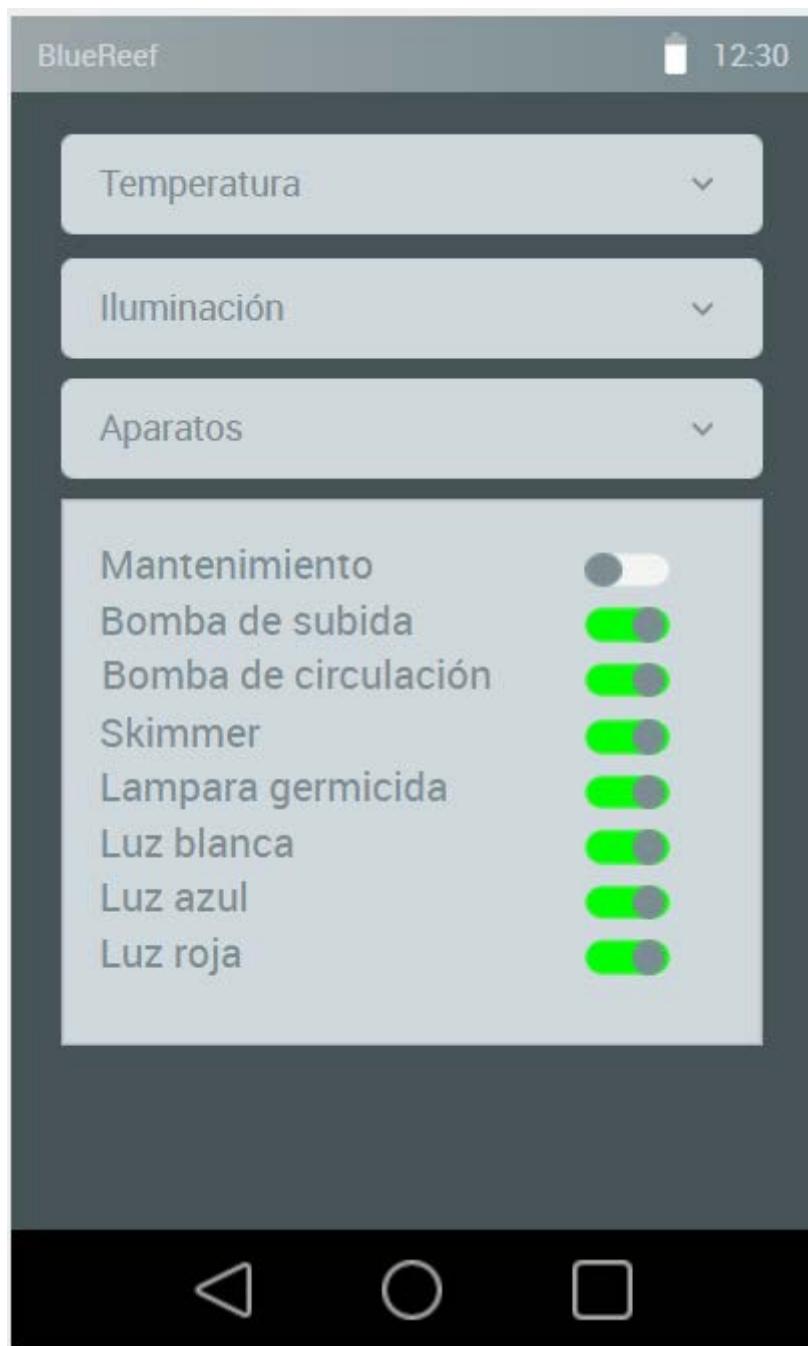


Ilustración 53. Gestión de aparatos.

El control de mantenimiento es bloqueante, esto quiere decir que si está activo, pone en estado apagado a todos los aparatos y los deshabilita. Cuando se desactiva este control se vuelven a activar todos los aparatos y se habilitan para que el usuario pueda volver a gestionarlos.

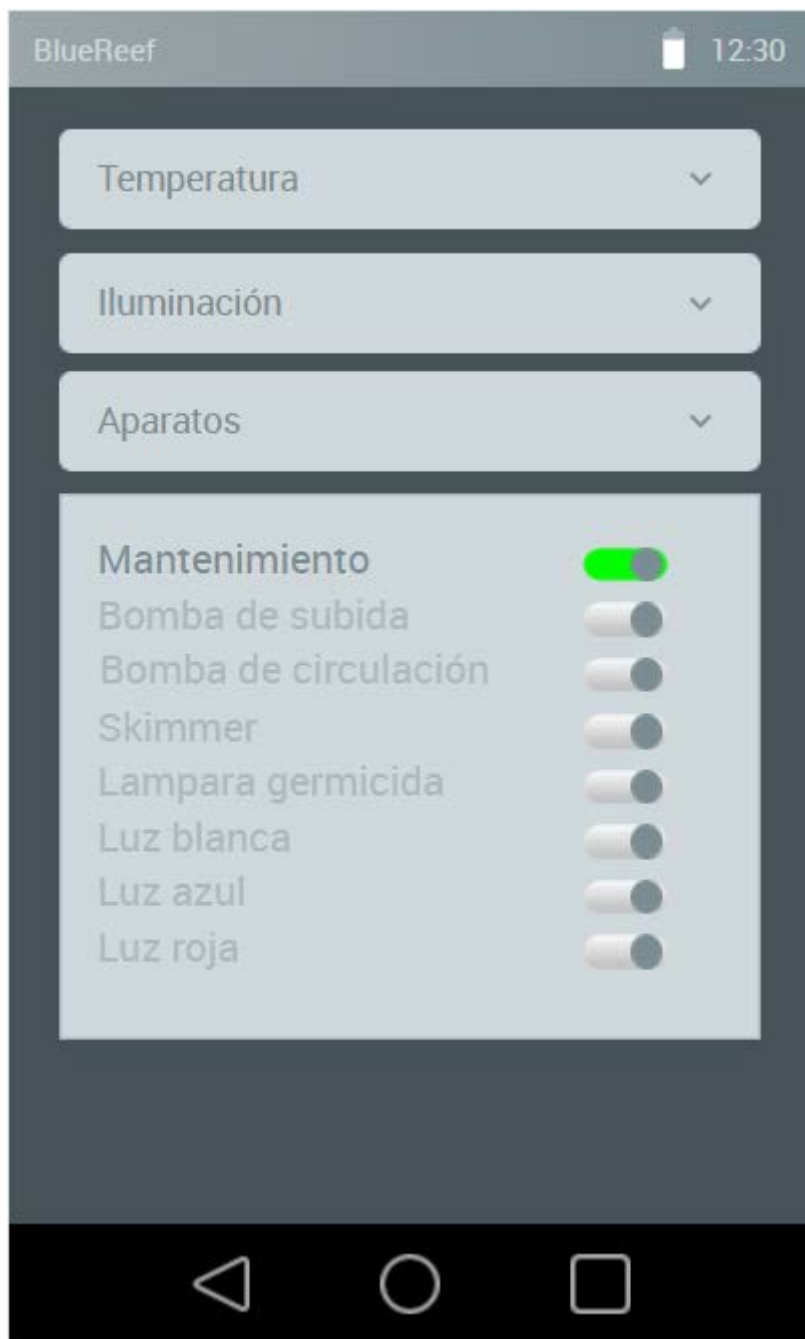
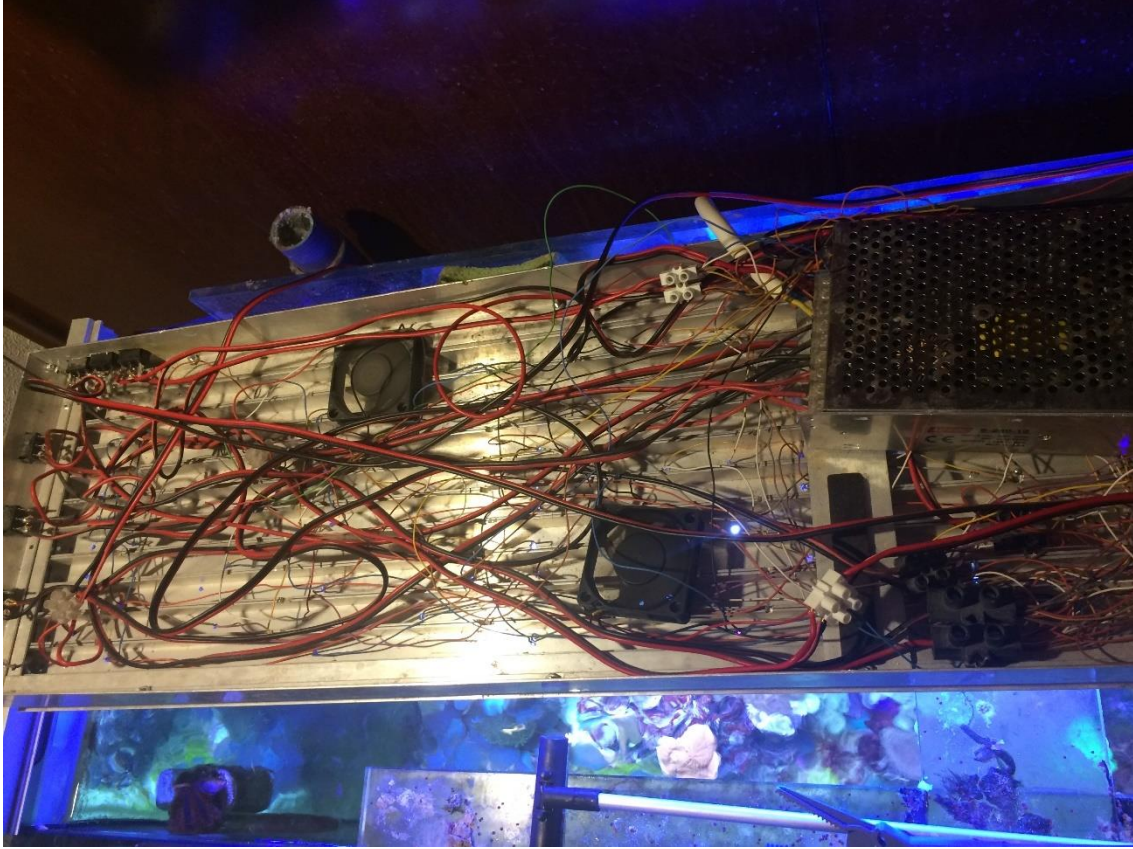


Ilustración 54. Gestión de aparatos, modo mantenimiento.

## 8. Resultados

El producto final se ve de la siguiente manera. Este prototipo puede parecer un pequeño caos, pero siguiendo los esquemas de este documento y fijándose en las conexiones es bastante sencillo.



*Ilustración 55. Luminaria vista desde arriba.*

En esta imagen se ve la caja donde esta montado todo el sistema empotrado, decidí montarlo en la caja de una fuente de alimentación vieja, con idea de proteger el prototipo.



*Ilustración 56. Compartimento del prototipo.*



En la siguiente imagen se puede ver la luminaria en estado día soleado.



*Ilustración 57. Modo soleado.*

En la siguiente imagen se puede ver la luminaria en esta tormenta , justo cuando se ha descargado un rayo.



*Ilustración 58. Modo tormenta.*



En esta imagen se ve el final del efecto anochecer, por analogía es igual que el inicio del efecto amanecer.



*Ilustración 59. Efecto anochecer finalizando.*

En esta imagen se puede ver el inicio del efecto anochecer, cuando los leds azules empiezan a bajar la intensidad.



*Ilustración 60. Efecto anochecer, con los leds azules perdiendo intensidad.*

La cámara no hace justicia a los cambios en la luminosidad en el acuario en persona se ven mucho mejor.

## 9. Conclusiones

Con respecto a la iluminación he podido observar cambios en el comportamiento de los peces desde que no todos los días siguen el mismo patrón de iluminación. Por ejemplo, los días en los que la iluminación es más tenue los peces tienen a estar más cerca de las rocas, no suelen nadar por la parte superior del acuario como si buscasen protección.

También los corales cambian su comportamiento, los días con menos iluminación los corales blandos, corales sin esqueleto calcáreo, se hinchan más como si buscasen ocupar más espacio. Tengo la teoría de que lo hacen para aumentar la superficie de exposición a la luz, pero ya digo es pura teoría.

Otro efecto muy interesante se da en un tipo de coral que se llama caulastrea, este coral durante el día esconde sus pólipos y es durante la noche cuando los despliega, pero cuando la luz es más tenue expone parcialmente sus pólipos.

Con respecto al efecto visual de los cambios en la iluminación puedo decir que es muy impresionante, por ejemplo, en el modo tormenta cuando se descarga un rayo todos los corales brillan con su fluorescencia característica.

Durante un fin de semana del diciembre pasado me fui de viaje con mi familia, quedándose una vecina a cargo del acuario, durante este fin de semana el calentador del acuario se estropeó, y la temperatura del agua cayo hasta los 16 °C. No es necesario decir que prácticamente todos los seres vivos del acuario murieron. Ahora podré ver la temperatura del agua esté donde esté, pudiendo reaccionar mucho más rápido a esta clase de eventos.

Dejando a un lado la parte visual de la iluminación y centrándome en la gestión del nivel en el acuario, mis tareas semanales se han reducido drásticamente, antes prácticamente cada dos o tres días tenía que mirar el nivel del acuario y rellenar el agua faltante, con el sistema actual y mi urna de relleno en la cual entraran unos 50 litros de agua no tengo que preocuparme de esto en 3 semanas aproximadamente (imagino que durante el verano este tiempo se reducirá). Además, con el uso de la tercera sonda de nivel que protege la bomba de relleno no existe el problema de quemar la bomba cuando el agua de reposición se agote.

Finalmente, la gestión de los aparatos es una maravilla, en el pasado tenía que desenchufar aparato por aparato antes de iniciar las operaciones de mantenimiento, limpieza de cristales, bombas, deposito del skimmer... Ahora es pulsar un botón y listo.

Por lo tanto, yo como acuarista que soy, entiendo que el producto cumple con mis expectativas y pienso que podría funcionar en el mercado. Habría que mejorar el aspecto visual de la pantalla, pero creo que por un precio de entre 700€ y 800€ se podría vender cada unidad del producto. Siendo más barata esta opción frente a las opciones comerciales de controlador más luminaria más diferentes complementos.

### 9.1. Mejoras

El margen de mejora es enorme, gracias a haber utilizado un arduino mega, podría medir el pH del acuario, la conductividad (para medir la densidad), instalar bombas peristálticas que añadan diariamente los elementos que consume el acuario, configurar el programa empotrado y la aplicación para recibir notificaciones de todos los eventos ocurridos en el acuario.

Y seguro que alguna cosa se me olvida, de hecho, muchas de estas ideas la he ido teniendo durante el desarrollo del proyecto, pero entendí que si quería terminarlo algún día debía poner un punto de partida. Y este ha sido mi punto de partida.

## 10. Glosario de términos

Acuariofilia: afición por los acuarios.

Agua de osmosis destilada: agua con muy pocos o ningún elemento disuelto.

Bomba de circulación: dispositivo generador de corrientes de agua.

Bomba de subida o de retorno: dispositivo impulsor de agua.

*Caulerpa*: alga marina verde.

*Chaetomorpha*: alga marina verde.

Corales hermatípicos: corales con esqueleto duro, estos corales construyen los arrecifes de coral.

Dimeable: hace referencia un valor regulable, en este proyecto hace referencia a la regulación de la intensidad lumínica a través de la regulación del voltaje.

Fluorescentes T5: lámpara utilizada ampliamente tanto en el entorno doméstico como industrial.

GUI: interfaz gráfica de usuario.

HQI: lámpara de haluro metálico, Hydrargyrum quartz iodide, de alta potencia con buena reproducción de colores.

IoT: Internet of Things, tecnología conectada a internet enfocada a facilitar tareas diarias gracias a conectar aparatos a internet.

LED: diodo emisor de luz, light emitting diode, construido con un material semiconductor que emite luz cuando es polarizado.

Luminaria, lámpara o conjunto de luces. En el dominio del documento se refiere a la iluminación del acuario.

*Nitrobacter*: bacterias participantes en el ciclo del nitrógeno, convirtiendo los nitritos en nitratos.

*Nitrosomas*: bacterias participantes en el ciclo del nitrógeno, convirtiendo el amonio/amoniaco en nitritos.

pH: medida de la acidez o alcalinidad de una disolución.

Reactores: dispositivos donde se introduce un material que se disuelve progresivamente al contacto con el agua y proporciona algún beneficio, como por ejemplo disolver calcio.

Redox: reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos.

Skimmer: en español también se conoce como espumador, este dispositivo genera pequeñas burbujas de aire para atrapar proteínas y desechos del agua.

Tampón (químico): mezcla en concentración relativamente elevada de un ácido y una base, tiene la propiedad de estabilizar el pH.

Tanque o urna principal: acuario donde se alojan los animales y la decoración.

Tanque o urna de rellenado: urna que contiene agua destilada o de osmosis, para rellenar el agua del tanque principal cuando esta se evapora.

Urna secundaria o sump: urna donde se aloja el equipamiento técnico para mejorar la calidad del agua.

Zona fótica: es la zona de los ecosistemas acuáticos donde llega a penetrar la luz solar.

Zooxantelas: organismo que vive en simbiosis con la mayoría de corales, produciendo energía a través de la fotosíntesis.

## 11. Bibliografía

1. nitrógeno Cd. [Online].; 2017. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_del\\_nitr%C3%B3geno](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_del_nitr%C3%B3geno).
2. Breitenstein A. Atlas ilustrado del acuario España: SUSAETA; 2002.
3. químico T. [Online].; 2017. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Tamp%C3%B3n\\_qu%C3%ADmico](https://es.wikipedia.org/wiki/Tamp%C3%B3n_qu%C3%ADmico).
4. Nitrosomas. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Nitrosomonas>.
5. Nitrobacter. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Nitrobacter>.
6. Wikipedia Z. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Zooxantela>.
7. Wikipedia. [Online].; 2017 [cited mayo]. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Coral>.
8. Wikipedia ZF. [Online].; 2017. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Zona\\_f%C3%B3tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Zona_f%C3%B3tica).
9. Wikipedia C. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Caulerpa>.
10. Wikipedia C. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Chaetomorpha>.
11. metálico LdH. [Online].; 2017. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara\\_de\\_haluro\\_met%C3%A1lico](https://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%A1mpara_de_haluro_met%C3%A1lico).
12. fluorescente L. [Online].; 2017. Available from: [https://es.wikipedia.org/wiki/Luminaria\\_fluorescente#Propiedades](https://es.wikipedia.org/wiki/Luminaria_fluorescente#Propiedades).
13. LED. [Online].; 2017. Available from: <https://es.wikipedia.org/wiki/Led>.
14. Profilux. [Online].; 2017. Available from: <http://www.profilux.es/profilux-3-1t-ex/>.
15. Panamahitek. [Online].; 2017. Available from: <http://panamahitek.com/esp8266-y-nodemcu-la-nueva-generacion/>.
16. Yún A. [Online].; 2017. Available from: <https://store.arduino.cc/arduino-yun>.
17. Arduino. [Online].; 2017. Available from: <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>.
18. Arduino. [Online].; 2017. Available from: <https://store.arduino.cc/arduino-wifi-shield>.
19. Mega A. [Online].; 2017. Available from: <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega>.
20. temperatura Sd. [Online].; 2017. Available from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf>.
21. Datasheets. [Online].; 2017. Available from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS1307.pdf>.



22. Maximintegrated. [Online].; 2017. Available from: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS3231.pdf>.
23. Valle Ld. Programarfacil. [Online].; 2017. Available from: <https://programarfacil.com/podcast/proyectos-iot-con-arduino/>.
24. Thinger. [Online].; 2017. Available from: <http://docs.thinger.io/>.

## 12. Anexos

### 12.1. Anexo I. Abstarct en ingles del plan de proyecto

#### 12.1.1. Introduction

##### 12.1.1.1. Context

The modern aquarium is the hobby of breeding aquatic organisms under controlled conditions. Nowadays this hobby is booming, but what is really the aquarium? This hobby is based on dedication and constancy. It is expanding knowledge about biology and about chemistry. It is conservation of the natural environment. It is research and experimentation.

To maintain an aquarium in perfect condition it is necessary to check the chemical parameters of the water; with the evaporation of the water comes an increasing the salinity of the water, so it is necessary to add water in a daily basis to keep this parameter stable.

Illumination is another very important parameter: both fish and corals base their life on the sunlight cycle. This, along with the temperature, may affect animal behavior.

With current technology it is possible to make easier the daily tasks required by the maintenance of an aquarium.

##### 12.1.1.2. Motivation

The aquarium is one of my hobbies, you could say that is the first of the list. I remember my first aquarium, when I was 8 years old. It had capacity for only 16 liters, with the typical orange carp in it. If I remember correctly, my father won it in a booth at a fair. That was the moment I knew I would love this world. Against all odds, this animal was with me for almost three years.

After the death of this fish, my parents bought me a bigger aquarium on the condition that it made me responsible of its maintenance. Daily I gave food to my fish, removed the algae and watched the water temperature.

With the passage of time my love for this world grew and I was planting new challenges until I came to the world of saltwater aquariums. By that time I didn't know what a coral was, but based on researching and reading books and articles I got to set up my own marine aquarium. In which I maintain in perfect conditions fish and corals of all types.

##### 12.1.1.3. Objectives

The objective of the project is to help with the tasks of management and maintenance of the aquarium, developing a product to offer the necessary support to all the devices that take care for the correct functioning of the aquarium.

### 12.1.2. State of the art

The assembly of a marine aquarium for ornamental purposes requires understanding several concepts. First, basic notions of the nitrogen cycle in water need to be known. During the first weeks of the installation of our marine aquarium, the nitrogen cycle begins.

Nitrogen can be found by forming various chemical combinations, also as being a constituent of organic molecules. Those which we are interested on are, the ammonia molecule ( $\text{NH}_3$ ), and the ammonium ( $\text{NH}_4$ ), nitrite ( $\text{NO}_2$ ) and nitrate ( $\text{NO}_3$ ) ions.

These combinations are dissolved in the aquarium water; can be used by plants and algae, except for nitrite, for the synthesis of their proteins.

All these forms can be interconverted; ammonium and ammonia can do so spontaneously, in other cases the action of organisms is required. All these compounds are toxic to marine life in a greater or lesser way.

- Ammonium as well as nitrate have a low toxicity.
- Ammonia causes injury to the gills and intestines, causing bleeding and attacking the nervous system. This compound being the most toxic of all.
- Nitrite is bound to the fish's respiratory system and it dies by suffocation. Low nitrite levels lead to death within a few days.

pH influences the proportion of ammonium / ammonia in the aquarium. At slightly acidic or neutral pH the ammonium does not become ammonia, but as the pH increases the greater amount of ammonium is converted into ammonia. Therefore, it is necessary to keep the pH stable around 8.3 because in the natural environment the pH fluctuates between 8 and 9, depending on the temperature, salinity, depth or marine organisms' activity.

The carbonate hardness (KH) is a measure of the amount of carbonate and bicarbonate ions presented in water.

The KH is generally measured in:

- German degrees (dKH).  $1\text{dKH} = 17.8 \text{ mg / l CaCO}_3$
- Milliequivalents per liter (meq / l).  $1\text{meq / l} = 2.8\text{dKH}$

The pH is going to be regulated by the carbonate / bicarbonate buffer. so that the KH measurement or carbonate hardness is going to be very important for the maintenance of a stable pH in the aquarium. If you have low KH values pH variations will be more easily produced as there are fewer carbonate and bicarbonate ions to regulate the pH. KH values between 8 and 10 dKH should be maintained to keep pH stable.

Over time, the pH of the aquarium tends to fall due to the acids generated in the bacterial nitrification processes to convert the toxic ammonia into the annoying nitrate. Reason why, sometimes should be supplied an additive to maintain KH.

Mineralization is the transformation of organic matter into simple compounds such as ammonia, carbon dioxide, phosphate ... This process is carried out by mineralizing bacteria, which are able to degrade organic matter in an oxygenated environment, producing  $\text{CO}_2$  and nitrogen in form of ammonium.



Mainly we will explain two genera of nitrifying bacteria, nitrosomes and nitrobacter, both need oxygen to perform their function:

- Nitrosomes transform ammonia / ammonium into nitrites
- Nitrobacter converts nitrites into nitrates

Finally, nitrite is consumed by plants and algae and transformed into organic compounds. There are also denitrifying bacteria that live in the absence of oxygen and are able to transform the nitrate into nitrogen (gas).

In the natural environment nitrifying bacteria are found in porous rocks or in the most superficial layer of sand, always in aerobic zones. Therefore, in the aquarium it will be necessary to have an amount of approximately 10% of the volume of water in kilograms of natural or artificial porous rock [ggf5]. For example, in a 400-liter aquarium you would have to have about 40Kg of rock. In addition, to maintain the oxygenated water, as in a reef, it will be necessary to have a very intense water circulation.

Temperature is another very important parameter for the correct maintenance of life in the aquarium. The ideal temperature is 25°C-26°C which is the average temperature in the tropical reefs. Temperature in summer and winter can ascend or descend 2°C respectively and that places the extremes at 23°C in winter and 28°C in summer. In the natural environment, these changes occur annually and the inhabitants are adapted to changes within that range, but such changes are always gradual over an extended period of time.

For hematypical corals, those that are in the reefs, light is the main source of energy, through photosynthesis realized by unicellular symbiotic organisms called “zooxantelas”, although also they can filter the water with its polyps and capture phytoplankton. “Zooxantelas” provide nutrients to the host organism through photosynthesis. This dependence on the part of the corals limits its growth to the photic zone (that zone penetrated by sun light) of the reef. For this reason, the aquarium’s lighting will be a main point in its maintenance. As far as we know about the light penetration in the water, blue light goes deeper, against red one, that barely has capacity of penetration.

In sea water, all elements of the periodic table can be found in a greater or lesser extent, but we can say that 99% of the dissolved substances are composed of the following elements:

- Sodium chloride
- Magnesium chloride
- Sodium sulfate
- Calcium chloride
- Potassium chloride
- Sodium bicarbonate
- Sodium Bromide
- Boric acid
- Strontium Chloride
- Sodium Fluoride

To achieve this combination there are commercial preparations that added to distilled water or osmosis water, perfectly emulates the sea water. But when it is a closed medium there are

elements that the corals are consuming progressively to develop its calcareous skeleton. They mainly consume calcium, magnesium, carbonates and bicarbonates.

In summary, we have 4 main areas of monitoring and control in an aquarium:

- Filtration and purification of water - nitrogen cycle.
- Temperature control.
- Illumination.
- Chemical and dissolution of salts.

For the filtration of the water normally live rock (natural or artificial) is used which allows the nitrifying bacteria to live and to make its biological filtration. This filtration is favored by the water currents generated by the movement pumps, besides favoring the oxygenation of the water by shaking its surface. To close the nitrogen cycle macro-algae are used, such as "caulerpa" or "chaetomorpha", these algae are responsible of using the nutrients in the water to grow. To try to reduce organic compounds in water skimmers are used; this operation is simple: air is injected in the form of numerous bubbles inside a sealed chamber, the nutrients present in water (fats, proteins ...) stick to the air bubbles rising in the chamber to a tank that will have to periodically empty. To this filtration is usually added some type of mechanical filtration, to eliminate elements that this in suspension in the water. Sponges or fabric with a determined porosity are used to allow the passage of water, but retain the waste.

There are two possibilities for temperature control. Electric heaters and fans can be used to keep the temperature constant or aquarium specific air conditioners, the latter function as an air conditioner, heating or cooling the water as needed.

For lighting, there are three technologies:

- HQI metal halide provides a very good intensity and penetration power in addition to a broad spectrum. During their operation, they emit a lot of heat, which can cause problems in the summer season.
- Fluorescent T5 have a wide range of colors and powers. They are very popular among aquarists, but they have a shelf life of between 5000 and 7000h, or about 500 days at the rate of 12 hours a day.
- LED: the LEDs have a lifespan of about 50000 hours. In addition to a very low energy consumption, they allow to select what light frequencies are wanted and hardly transmit heat to the water. On the other hand, it is necessary to keep the LEDs at their working temperature, to maximize their service life and performance. From 40 °C the led drastically reduces its performance and service life.

For the chemical control of the aquarium, some tests are carried out periodically, which allow to know in an approximate way the most important parameters of the water, which are:

- Ammonium / ammonia
- Nitrite / nitrate
- Phosphates
- Carbonates
- PH
- Calcium
- Magnesium

To carry out these tests, aquarium water samples are used, chemical products are added that react with the compound being measured and coloured the water, then the colour is compared with a chromatic scale to know the approximate concentration of the compound in water. This is the most common chemical control option since it is not normally necessary to know the chemical state of the water with a laboratory precision.

A schematic of the installation of a marine aquarium in lateral view can then be observed:

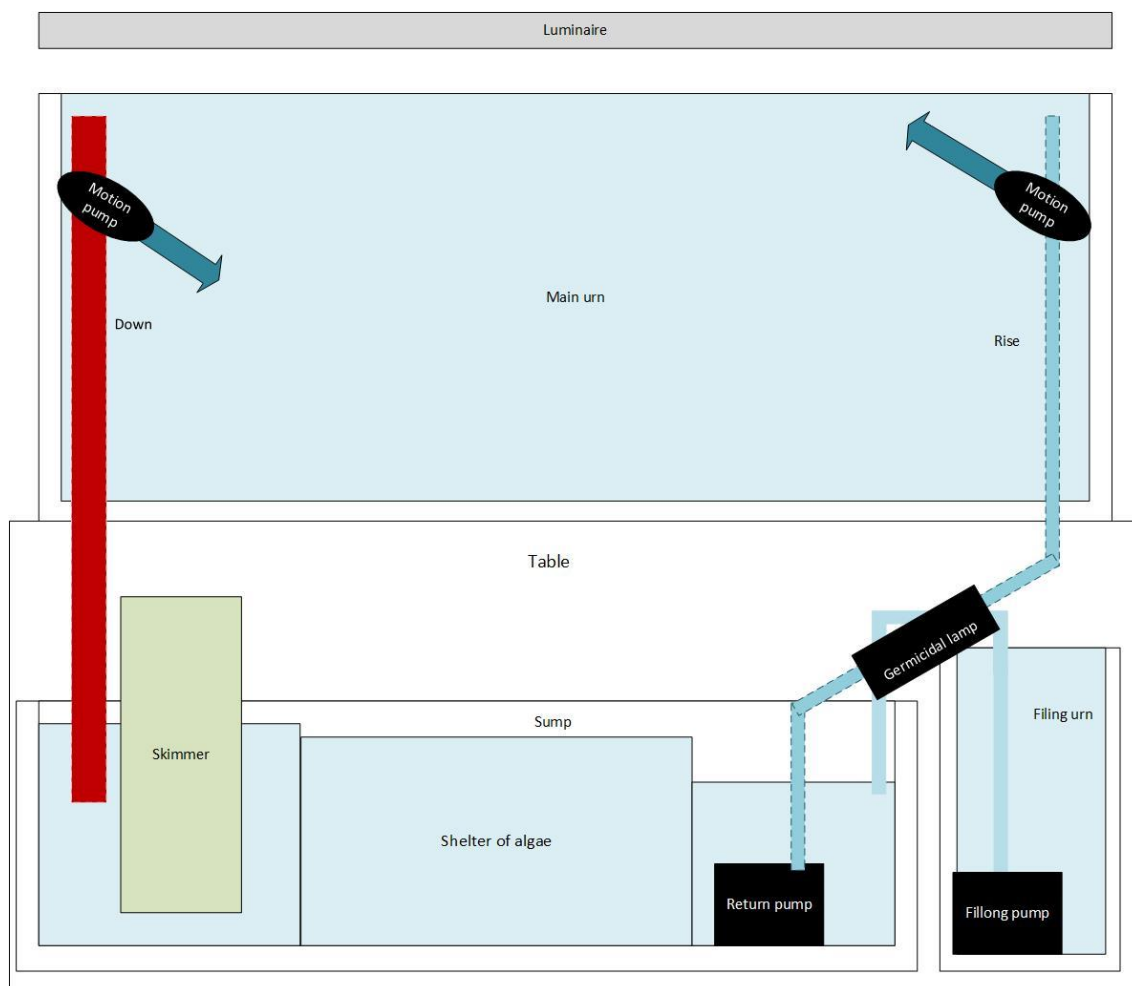


Ilustración 61. Outline of marine aquarium.

- The luminaire will provide the light that animals need to live and grow properly.
- In the main urn, decoration elements and living rock will be arranged. This will be fish and corals' habitat.
- Motion pumps will create currents that exist in the natural environment.
- By means of an overflow and a tube (labelled as Down and in red) the water is taken to a secondary urn, which is normally located under the main aquarium.
- The secondary urn could be considered as the filter of the aquarium, it is divided into several stages. Each of them destined to a different objective, in the first stage is the skimmer and the mechanical filters. In the second stage is the shelter of algae, this is where the algae will grow keeping the water clean. Different reactors can also be

installed here. Finally, in the third stage, there is a pump that returns the purified water to the main urn through a tube (labelled in the illustration as Rise and in blue).

- In the filling urn, we will have distilled or osmosis water to fill the main system as the water evaporates. This will keep stable the water salinity.

### 12.1.3. Proposal

My intention is to develop a product that combines all the control of the aquarium with the lighting in an installable kit. This kit will consist of a led luminaire in which all the control hardware will be installed and a mobile application that will allow the user to configure and check the status of the aquarium. In this way we unify in a single product the lighting and control of the aquarium, allowing to check the status of the aquarium from any site with an internet connection.

#### 12.1.3.1. Scope

I focus mainly on the control of the lighting, electrical appliances of the aquarium and parameters of the water, specifically temperature and level. The user will have a mobile application in which they can view and modify the status of the aquarium.

- Set the lighting mode.
- Turn on / off circulation pumps, rise and germicidal lamp.
- View and set the water temperature.
- Maintain salinity automatically.

#### 12.1.3.2. Conclusion

To carry out this project I will use a Arduino Mega board with a wifi shield, with the following sensors and actuators:

- Temperature probe. With this probe I will measure the water temperature to inform the user of the water temperature. In addition to activating the heater or fans when appropriate.
- Liquid level probe. With this probe I will measure the water level in the aquarium and activate the filler pump when the water level reaches the bottom buoy and stop it when it reaches the top. I will also measure the water level in the filling urn, to warn the user before it empties.
- Relays. With the use of relays I will activate or deactivate each of the electrical devices that work in the aquarium: rise pump, movement pump, each of the channels of the luminaire, skimmer, filling pump ...
- Tip141 transistors. With the use of these transistors I will regulate the voltage that receives each one of the channels of the luminaire, getting, in this way, to adjust the light intensity of the leds.
- Real Time Clock (RTC) clock. With the use of this clock we can know the exact time at any time, also include a small battery to maintain the time when the device is disconnected.

To carry out the communication between Arduino and the application I will use the platform [things.io](https://things.io). This platform provides a web communication service where the Arduino connects to this platform and provides a REST API, defining a resource for each sensor and actuator that defines the developer in the embedded software. In this way the communication between Arduino and the application is made possible. Things provides an interface to the Arduino controller and the mobile application a web interface for sending and receiving information.

In the following image you can see a conceptual schematic of the communication between the Arduino controller and the mobile application through the service of [things.io](https://things.io).

#### 12.1.4. Total cost of the Project

The total cost of the project will be of 23,809.46 € distributed in the following concepts:

Concept	Amount
Hardware	€ 106,25
Software	€ 1039,30
Human Resources	€ 22.206,71
Fungible material	€ 10,80
Electronic material	€ 446,40
<b>Total</b>	<b>€ 23.809,46</b>

*Ilustración 62. Total cost of the project.*

To this amount, € 23,809.46, you must add a 15% profit, a 15% to cover possible risks, detailed in the section Risk management, so that the cost of the project without taxes would be € 30,952.30.

Applying 21% of taxes, the total cost of the project will be € 37,452.28.

#### 12.1.5. Analysis

The objective of the analysis is to obtain a detailed description of the system, since it will be the basis on which we support to develop the prototype. At this point the different obstacles that must be resolved to obtain the final product will be identified.

##### 12.1.5.1. Restrictions

The general project restrictions are listed below. These restrictions are divided into sub-sections to facilitate reading:

- Physical security restrictions.
  - The product will work in a humid environment with possible total or partial immersion in water, usually salty. Therefore, the product will have IP68 protection in accordance with international standard CEI 60529.
- Restrictions on information security.
  - The communication between Arduino and the [things.io](https://things.io) platform will be done through the protocol TLS 1.0.
  - The communication between [things.io](https://things.io) and the Android application will be done through the TLS 1.0 protocol.

- Each product unit will have a unique key of 12 characters randomly generated to authenticate the device in the platform thinger.io.
- Efficiency limitations
  - The mobile application will use the least amount of data in its communications to minimize the use of this resource in the user's terminal.
  - To avoid hysteresis on Arduino-controlled devices, ranges to turn them off will be handled. These ranges will not be modifiable by the user.
- User Restrictions.
  - The application will be developed for the Android operating system, specifically for version 6.0 and later.

#### 12.1.6. Hardware design

The construction of the prototype, in the dissipator (indicated in Table 16. Cost of the electronic material.) The series of leds will be distributed in fifteen columns equidistant. Fourteen columns of five leds each, and a column in the center with two leds. The fourteen columns of five leds will be divided into two groups of seven columns each placed on one side of the sink, in the center a column with two leds will be placed in the center.

The leds will be distributed leaving a margin of five cm with the long side of the heatsink (120 cm) and four centimeters with the short side (25 cm). Each column will be separated from the previous one approximately 7 cm and each led in the row will be separated 4 cm from the previous row. The LEDs will be fixed to the heatsink with thermal glue.

The LEDs will be distributed as follows:

B	A	B	B	B	B	A		A	B	B	B	B	A	B
A	R	A	B	R	A	B	B	B	A	R	B	A	R	A
B	A	B	B	A	B	B		B	B	A	B	B	A	B
B	R	B	A	R	B	A	B	A	B	R	A	B	R	B
B	B	A	B	A	A	B		B	A	A	B	A	B	B

Tabla 158. Distribution of leds.

Next to each led, a three-mm hole will be made through which the power cables will be passed. As already indicated, it will be formed by series of four leds. Each series will be connected in parallel to the circuit that corresponds to it.

The LEDs will be connected as shown in Figure 19. Connection diagram Led and transistor. The circuit formed by the red and blue LEDs will have a transistor, each of them connected as shown in Figure 19. Connection diagram Led and transistor.

- The red circuit transistor will be connected to the PWM 2 pin.
- The blue circuit transistor will be connected to the PWM 3 pin.

The white leds will form two circuits, each with twenty leds and as in the case of blue and red LEDs, each will have a transistor.

- The white circuit transistor one is connected to the PWM pin 4.
- The white circuit transistor two will be connected to the PWM pin 5.

Each circuit will have a manual switch. In the following illustration you can see the detail.

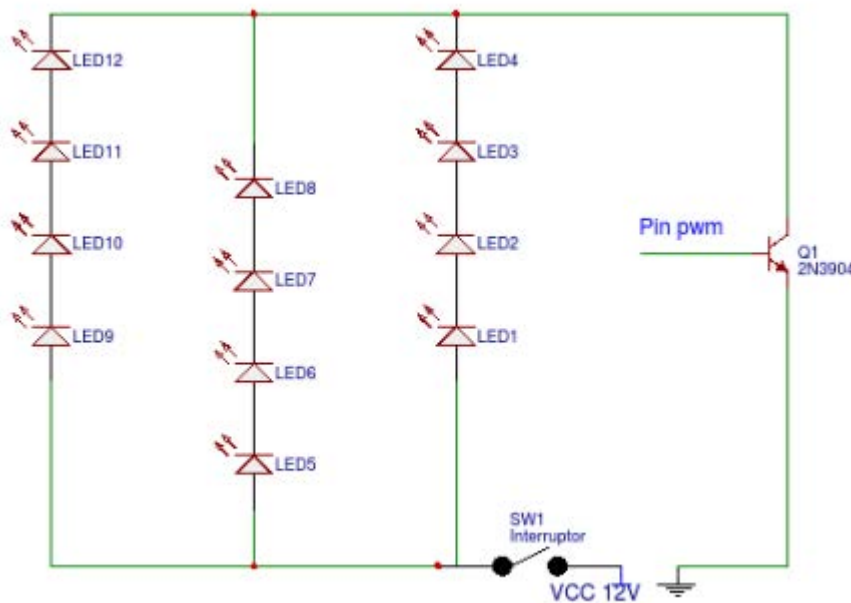


Ilustración 63. Led connection scheme.

Both the water temperature sensor and the temperature sensor of the luminaire structure will be connected to analog input pins.

- The water temperature sensor will be connected to pin A0.
- The temperature sensor of the luminaire structure will be connected to A1.

Level sensors will be connected to digital input pins.

- The minimum level sensor will be connected to pin 22.
- The maximum level sensor will be connected to pin 23.
- The fill urn level sensor will be connected to pin 24.

The clock will be connected to the digital pin 25.

Each of the electrical appliances (riser pump, filling pump, circulation pump, skimmer, germicidal lamp, heater evaporation fans and cooling fans of the luminaire) will be connected to an Arduino controlled relay. The electrical appliances will be connected to a digital output pin:

- The riser pump will be connected to pin 26.
- The filling pump will be connected to pin 27.
- The circulation pump will be connected to pin 28.
- The skimmer will be connected to pin 29.
- The germicidal lamp will be connected to pin 30.
- The heater will be connected to pin 31.
- The evaporation fans will be connected to pin 32.
- The cooling fans of the luminaire will be connected to pin 33.

Each of these devices will have a button for manual control. Manual control takes precedence over digital.

I will use the same schematic for the circulation pump, ascent, fill and skimmer, evaporation fans and cooling fans, since all these devices really work with a motor.

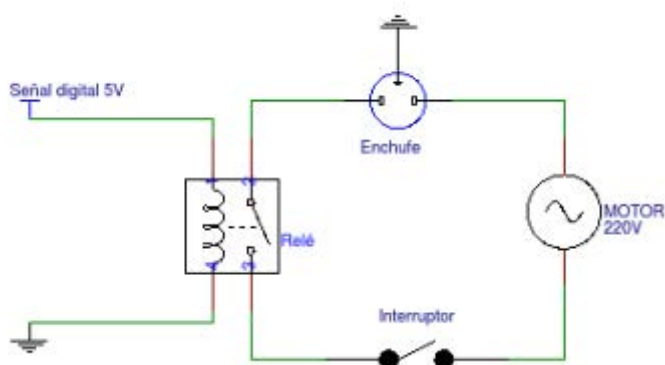


Ilustración 64. Motor connection scheme.

As in the previous case, the evaporator fan and the cooling fan of the luminaire I will represent them with the same diagram.



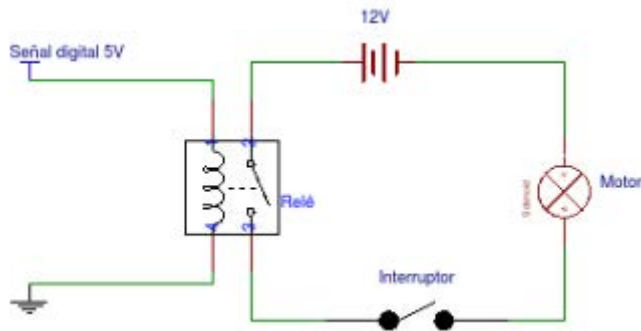


Ilustración 65. Fan connection scheme.

Finally, the wiring diagram of the heater is presented.

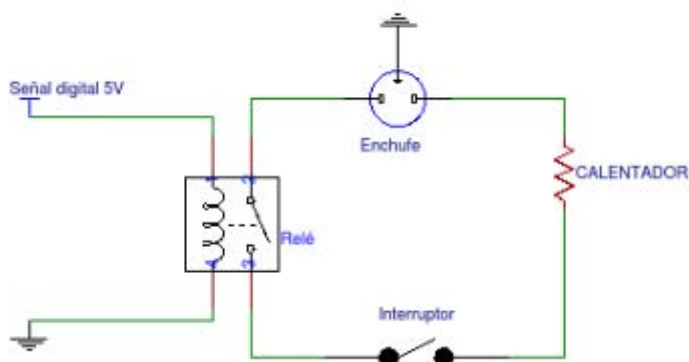


Ilustración 66. Heater connection scheme.

#### 12.1.7. Conclusion

About the lighting I have realized some changes in the behavior of the fish since they don't act the same way when changing the lighting pattern. For instance, the days in which the illumination is dim fishes tend to stay closer to the rocks, not swimming on the top of the aquarium as if they were looking for some shelter.

Corals also change their behavior: in days with fewer light, soft corals -the ones without calcareous skeleton- plump out themselves as if they were trying to fill more space. I have the theory that they do this in order to increase their surface willing to have more exposure to light but, as I say, it's only a theory.

Another interesting effect I have realized is given in a type of coral named *Caulastrea*: this coral, during daytime, hides his polyps until night time, when it unfolds them. But even during daytime it can expose them partially, if the light is dim enough.

About the visual effect on illumination changes, I can tell it is really impressive. For instance, in storm mode, every single coral shines with its characteristic fluorescence.

Last December, when I was away from home on a trip with my family, I allowed a neighbor to take care of the aquarium. During that weekend the heater broke, and the temperature fell to 16°C. Needless to say, almost every living being in the aquarium died. Now I can see the water temperature wherever I go, being capable of react faster to this type of things.

Aside of the visual aspect of illumination, and focusing on the water level management, my weekly tasks have been reduced drastically. Back then, I had to keep an eye on the water level and fill it when it was needed (every 2 or 3 days). Now, with the current system and my filling urn –which has a capacity of 50 liters – I don't have to worry about this at least in 3 weeks or so (I think that time will be reduced during summer). Therefore, using the third level probe it'll be impossible to burn the pump when the water when it runs out in the filling urn.

In conclusion, the appliances management is amazing. Back then I had to unplug appliance by appliance before starting with the management operations: glass cleaning, pump cleaning, skimmer storage cleaning... Now it's pressing a button and you're done.